

ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE
AGRONOMIQUE DE MONTPELLIER

CNO 101366
P100
MUL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU
DIPLOME D'AGRONOMIE TROPICALE

MENTION :

UTILISATION AGRICOLE DE L'EAU
MAÎTRISE DU MILIEU ET DE LA PRODUCTION

SUIVI D'HIVERNAGE DANS LE CADRE D'UN MODULE DE PRODUCTION
DE BIOGAZ-COMPOST,

ÉTUDE DES MODIFICATIONS DES RELATIONS EAU-SOL-PLANTE
ENTRAÎNÉES PAR UN APPORT DE COMPOST SUR UNE CULTURE
DE MIL EN SOL DEK,

Par

BERTRAND MULLER

ECOLE SUPÉRIEURE D'AGRONOMIE TROPICALE

JURY : M. CALVET
GOENAGA
LUC
PERRIER
FOREST

C.N.P.A. - C.A.B. I. - S.S.I.	
Date	14 88
Numéro	88 / 0026
Nom de l'auteur	M
Signature	BM

NOVEMBRE 1987

PLAN

INTRODUCTION	P.1
A - PRESENTATION GENERALES DES TRAVAUX	P.3
I LE CONTEXTE PEDO-CLIMATIQUE	P.3
1) Le climat	P.3
2) Les sols	P.3
II LE CADRE EXPERIMENTALE	P.5
1) Essai pérenne d'économie d'engrais par apport de compost	P.5
2) Dispositif de suivi hydrique	P.6
3) Conclusion: les contraintes du cadre expérimental	P.8
III RAPPEL DES PRINCIPAUX RESULTATS ACQUIS	
A LA SOLE C	P.10
1) Synthèse bibliographique: "la matière organique et les relations "eau-sol-plante"	P.10
2) Principaux résultats acquis à la Sole C	P.13
3) Conclusion	P.14
IV LES OBJECTIFS DE TRAVAIL ET LES TECHNIQUES D'ETUDES DEFINIS POUR L'HIVERNAGE 1987	P.14
B - ETUDE DES EFFETS DU COMPOST SUR LE DEVELOPPEMENT RACINAIRE DU MIL	P.16
I METHODOLOGIES EMPLOYEES	P.16
1) Considérations préalables	P.16
2) Choix des dates d'observation	P.17
3) Plan du dispositif d'étude	P.18
4) Acquisition des données	P.18
II RESULTATS	P.21
1) Résultats	P.21
2) Critiques et interprétations	P.21
3) Comparaison de nos résultats avec ceux de Jouve et de Cissé	P.23
II I CONCLUSION	P.23

C - SUIVI HYDRIQUE DE L'HIVERNAGE	P. 25
I ETABLISSEMENT DU BILAN HYDRIQUE	P. 25
1) Principe	r. 25
2) Etude des différents termes du 'bilan hydrique	P. 26
II RESULTATS	P. 31
1) Evolution générale des profils	P. 31
2) Etude du ruissellement	P. 32
3) Etude des consommations hydriques	P. 34
III CONCLUSION	P. 36
D - SUIVI PHENOLOGIQUE DU MIL	P. 38
1 METHODOLOGIES EMPLOYEES	P. 38
II RESULTATS	P. 39
1) Développement végétatif	P. 39
2) Développement reproducteur	P. 40
III CONCLUSION	P. 42
CCONCLUSION	P. 43'
BIBLIOGRAPHIE	P. 45
ANNEXES	

INTRODUCTION

A l'instar des autres zones semi-sahéliennes, la région Centre Nord du Sénégal est confrontée à deux graves problèmes :

- une baisse de la fertilité de ses sols due à l'exploitation en continu des terres causée par la pression démographique.
- une sécheresse qui sévit depuis une douzaine d'années.

Le projet Transpaille cherche à faire face à ces deux problèmes. Commencé en 1984 sur la "sole C" du CNRA Bambey, il consiste en la mise en place d'un module intégré "biogaz-compost petite motorisation" qui s'articule autour d'un fermenteur produisant du biogaz et du compost. Ce module permet ainsi :

- de disposer d'une fumure organique : le compost "biogaz"
- de faire fonctionner un système d'irrigation grâce à un moteur dual biogaz-fuel.

Pour caractériser les possibilités du module, des essais agronomiques ont été mis en place en 1984 à la sole C. Leur buts initiaux étaient, d'une part, de montrer l'utilité d'une irrigation de complément pendant les saisons des pluies pour sécuriser les rendements, d'autre part de déterminer les économies d'engrais minéraux réalisables par apport de compost. Par la suite les essais ont été complétés de tubes de suivi hydrique et les études réalisées se sont axées sur la caractérisation des effets du compost, c'est-à-dire sur l'étude des modifications des relations "eau-sol-plante" entraînées par le compost.

Les travaux que j'ai réalisés au cours de mon stage portent essentiellement sur ce thème,

Afin de bien les replacer dans leur contexte, nous ferons au cours de leur présentation le point sur les acquis des recherches des trois années précédentes et nous confronterons

ceux-ci à une étude bibliographique concernant le même thème. Cette étude portera essentiellement sur les résultats de travaux réalisés dans la région.

Nous exposerons ensuite nos différents travaux en insistant sur l'importance des rôles joués par les natures des sols présents dans la région.

Remarque :

Ce stage fait suite à ceux de MM. Perrier (1985) et Jouve (1986). Le détail des travaux effectués antérieurement à la sole C se trouve donc dans leur rapport. Il en est de même pour la description d'ensemble de la sole C et le fonctionnement du module biogaz sur lesquels nous ne reviendrons pas. Un plan général de la sole C est cependant disponible en annexe. (Annexe I).

 *
 * DONNEES PLUVIOMETRIQUES JOURNALIERES *
 * STATION DE SOLE C *
 * HIVERNAGE 1987 *
 *

JOUR	MA	JUN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT13
1	1.8	.5
2	.	.	.	3.6	5.0	.
3	.	.	.	16.3	.	.
4	4.0	11.5
5	.	.	.	9.3	.	.
6	.	.	.	6.4	11.0	.
7	21.1	.
8	.	.	.	24.5	.	.
9	4.7
10	20.0	.
11	2.6
129	6.0
13
14
15
16
176	2. a
18	3.2	.
19	.	.	16.0	.	1.7	.
20	.	.	2.1	.	.	.
21
22	.	.	.	12.9	.	.
23	.	.	13.2	.7	.	.
24	.	.	.	14.0	19.0	.
25	.	.	.	4.8	.	.
26
27	.	.	26.0	5.5	16.0	.
284	2.5	.
29	.	.	5	7.8	12.5	.
30	34.2	.
31
TOT. MENS	.0	.0	59.8	106.2	153.5	28.1
NOMB JOUR	0	0	5	12	15	6

Tableau II : Moyennes des taux d'A+Lf Sole C

Sites	T1	T2	T3	C1	C2	C3	I1	I2
Taux	12,2	15,4	14,1	16,0	11,9	14,2	14,6	12,0

A - PRESENTATION GENERALE DES TRAVAUX

1 - LE CONTEXTE PEDD-CLIMATIQUE

1) Le climat :

Le climat de la région Centre-Nord est caractérisé par l'existence de deux saisons très contrastées : une longue saison sèche (octobre-juin) et une saison des pluies, l'hivernage (juillet-septembre). Depuis 1970 la pluviométrie n'est plus en moyenne que de 470 mm/an contre 600 mm/an auparavant. Le déficit s'accompagne de plus d'une variabilité interannuelle très élevée.'

En 1987, l'hivernage a commencé assez tardivement à Bambey : la première pluie est tombée le 19 juillet. La pluviométrie a été faible (348 mm) et marquée par des périodes de rémission lors des deuxièmes décades d'août et de septembre, et lors du mois d'octobre.

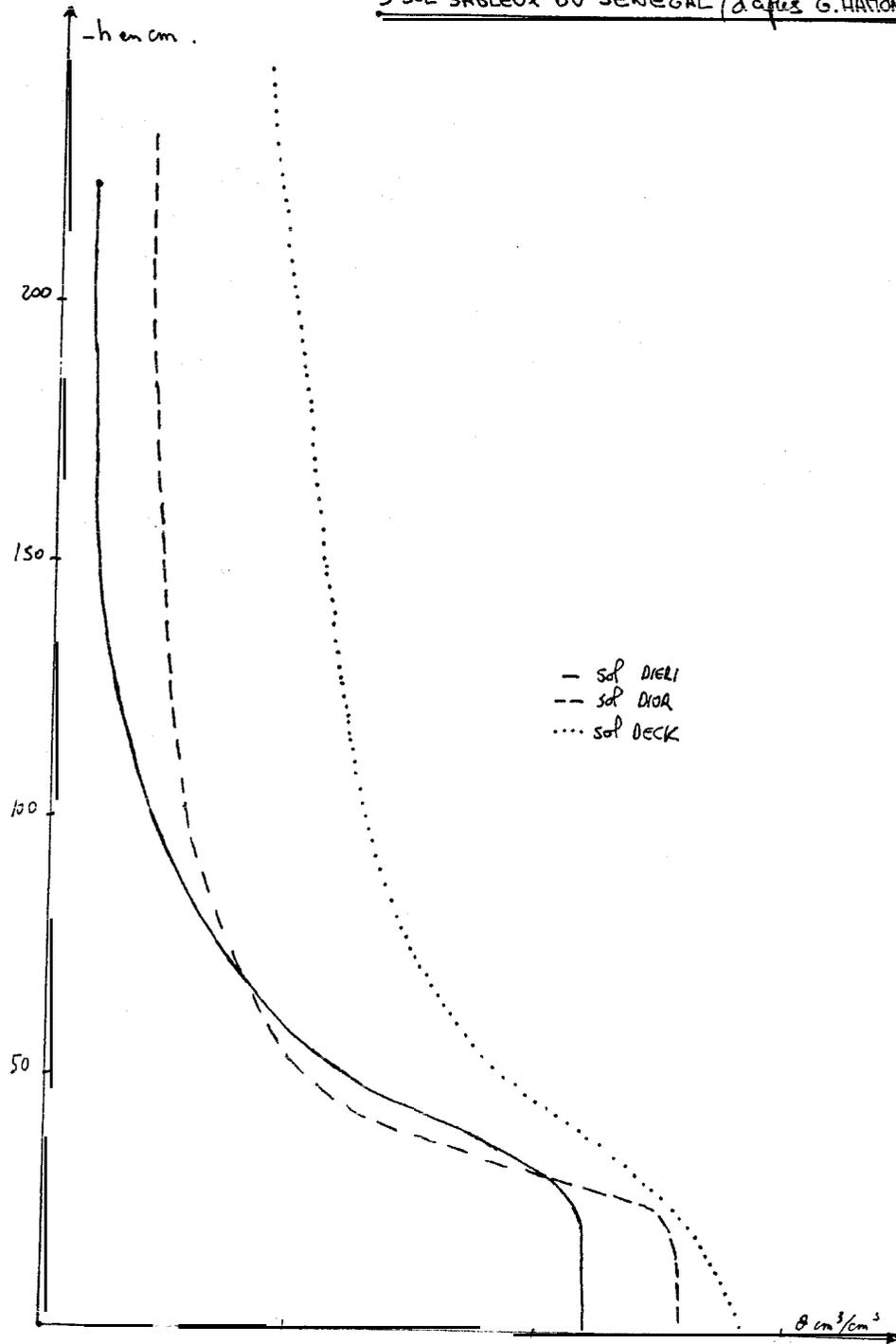
2) Les sols :

a) Description sommaire :

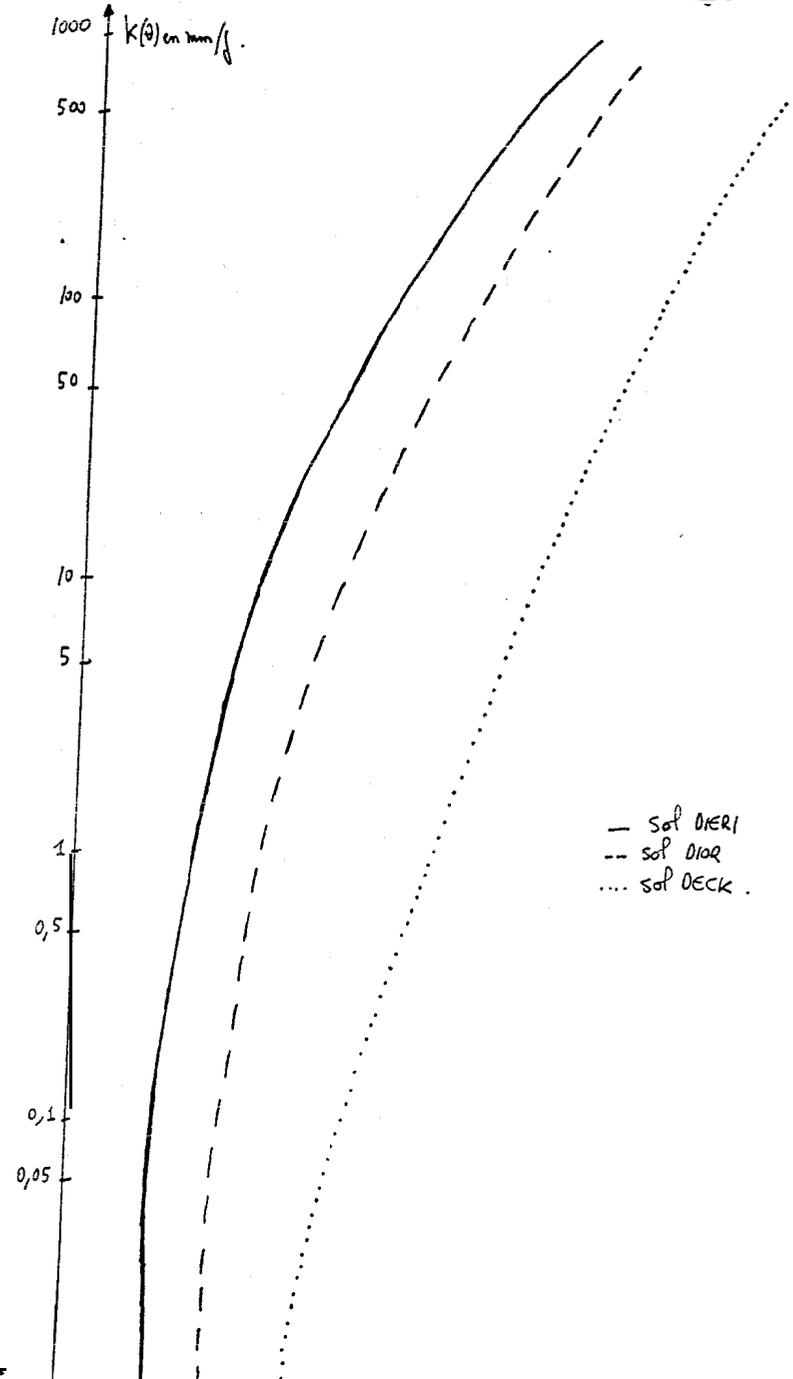
Les sols cultivés de la région sont des sols tropicaux ferrugineux sableux. On distingue :

- les sols dior : on les trouve dans les zones élevées (dunes). Leur taux d'éléments fins est faible : argile + limon fin (A + Lf) < 6 %.
- les sols dek : c'est le type de sol que l'on a à la sole C. Ce sont des sols sableux à hydromorphie temporaire de surface, que l'on rencontre dans les zones en dépression. Ils sont peu évolués, présentent un profil homogène avec toutefois un horizon humifère marqué. Leur taux d'éléments fins est deux fois plus élevé que celui

COMPARAISON DES COURBES $h(\theta)$ DE
3 SOLS SABLEUX DU SENEGAL (d'après G. HATION)



COMPARAISON DES COURBES $K(\theta)$ DE 3 SOLS SABLEUX
DU SENEGAL d'après G. HATION



des diors (10 à 12 %) et augmente en profondeur. A la sole C les teneurs en A + Lf sont plus élevées (10-15 % en surface) et montrent une certaine hétérogénéité spatiale (cf. Annexe II). Etant constitués de sables fins hétérométriques et arrondis, les sols dek sont propices à des tassements importants. A l'état sec, ils sont très compacts et impossibles à labourer.

Les sols dek cultivés, tout comme les diors, sont très pauvres en matière organique : 0,2 à 0,5 %. Compte tenu des précédents culturaux, on peut estimer qu'à la sole C le taux de matière organique se situe entre 0,5 et 1 %.

b) Caractéristiques hydriques et hydrodynamiques :

Les sols dek présentant une réserve hydrique utile d'environ 120mm pour un mètre de sol (double de celle des diors). Ce sont donc de bons réservoirs mais l'examen des courbes $h(\theta)$ montre qu'en condition de stress hydrique les plantes devront fournir des énergies importantes pour s'alimenter.

Les valeurs de conductivité hydraulique des sols dek sont faibles (à saturation : 10 mm/j contre 100 mm/j en dior) et dépendent fortement de l'humidité [$K(0,08) \approx 0,2$ mm/j]; On aura donc des conditions d'infiltrations très différentes en fonction de l'état de la surface du sol et l'on peut s'attendre à des phénomènes de ruissellement.

Ces caractéristiques sont en accord avec les compositions granulométriques des deux types de sol.

STOCK HYDRIQUES (mm) COMPAREES DES
SOLS DECK ET DIOR

Profondeur (cm)	D E C K			D I O R		
	CR	PF	RU	CR	PF	RU
0-50	82	12	70	50	13	37
0-100	160	40	120	90	25	65

Arachide 87

Mil 87

T4	T1	T3	T ₂	T1
T3	T2	T4	T ₁	T4
T2	T3	T1	T4	T3
T1	T4	T2	T3	T2

SERIE TPS T1

π_2	T1	T3	T1	T4
T1	T3	T4	π_2	T3
T3	T4	T2	T3	T ₁
T4	π_2	T1	T4	T2

T3

T2

C2

C3

T3	T4	T2	T1	T4
T2	T1	T4	T3	T1
T4	T3	T1	T2	T3
T1	T2	T3	T4	T2

SERIE PSC

T3	T4	π_2	T1	π_2
T2	T1	T3	T4	T3
T4	T3	T1	T2	T1
T1	π_2	T4	T3	T4

C1

T1	T3	T4	T2	T4
T4T2	T1	T3	T1	T1
T2	T1	T3	T1	T3
T3 ^t	T4	T2	T4	T2

SERIE ICC

T1	T3	T1	T4	π_2
T2	T4	G3	T1	T3
T4	π_2	T4	T2	T1
T3	T1	T2	T3	T4 i

I2

I1

II - LE CADRE EXPERIMENTAL

1) Essai pérenne d'économie d'engrais par apport de compost :

a) Objectif :

Il a pour but d'étudier les économies d'engrais et le maintien de la fertilité réalisables par apport de compost sur la rotation mil-arachide qui est la plus répandue dans la région.

b) Description :

L'essai comprend trois séries par culture :

- une série en irrigation de complément avec composé (ICC), datant de 1984
- une série en pluvial strict avec compost (PSC), 1984
- une série en pluvial strict sans compost qui sert de témoin (TPS) et a été rajoutée en 1985.

Sur ICC et PSC la dose de compost est uniforme : 3T de MS/Ha/an.

Chaque série est constituée de 5 répétitions de 4 traitements qui correspondent à 4 niveaux d'apport d'une même fumure minérale, et est organisée en 5 blocs randomisés:

- T1 = 0 % de la fumure minérale vulgarisée par l'ISRA (FMV)
- T2 = 25 % FMV
- T3 = 50 % FMV
- T4 = 100 % FMV

Avec : FMV = 150 kg/Ha de 8-18-27 pour l'arachide,
= 150 kg/Ha de 10-21-21 pour le mil.

Pour chaque série nous aurons donc 20 parcelles qui ont une surface de 7,2 m x 7,2 m = 51,84 m² et dont les dimensions utiles sont :

- 6,3 m x 6,3 m = 39,69 m² pour le mil (on enlève une ligne de bordure,
- 4,95 m x 4,95 m = 24,5 m² pour l'arachide (on enlève 3 lignes de bordure).

Les variétés utilisées sont des variétés sélectionnées à cycle court (90 j) :

- Mil "Souma III", semé en poquets à 90 x 90
- Arachide "55-437", semée en lignes à 45 x 15.

Cette année les semis ont été réalisés le 22 juillet pour le mil et le 24 juillet pour l'arachide.

A part le labour de début de cycle qui prépare le sol pour le semis et enfouit le compost, pour lequel on utilise un tracteur, les autres travaux culturaux sont effectués avec les techniques et moyens dont disposent les paysans.

Les trois séries de l'essai sont situées dans des grandes parcelles de production conduites de la même manière, avec T4 et sans compost.

Au cours des différents hivernages des suivis phénologiques (mesures de croissance, de tallages, observation des différents stades:, etc.. .) sont: réalisés sur chaque parcelle. Les différents rendements sont déterminés. D'autres études ont aussi été entreprises en 1986 : un suivi racinaire et des mesures de densité.

2) Dispositif de suivi hydrique :

a) Objectif :

Il a été installé en 1985 afin de suivre in situ l'alimentation hydrique des parcelles de type T2 sur les 3 séries et pour une culture par an (ce sera le mil en 1987). Le traitement T2 avait été retenu car les résultats de l'association "T2-compost" en 1984 semblaient prometteurs.

b) Choix des sites d'implantation des tubes :

Le critère de choix a été le taux d'éléments fins du sol ($A + L_f \leq 20 \mu m$) qui est le principal paramètre régissant les transferts hydriques des sols de la région (Imbernon 1980).

Sur chacune des répétitions des traitements T2 (donc 5 par série), on a réalisé deux profils A + Lf sur le premier mètre du sol, avec quatre prélèvements aux horizons 0-10, 10-20, 20-50 et 50-100 cm. On a calculé ensuite pour tous les profils la valeur moyenne de la fraction A + Lf (moyenne des valeurs des 4 horizons), puis la moyenne globale des 10 sites de chaque série (cf. Tableau II). Pour tenir compte de l'hétérogénéité spatiale granulométrique l'on a alors retenu pour chaque série :

- le site dont la moyenne se rapproche le plus de la moyenne de la série,
- les deux sites présentant les moyennes extrêmes.

9 tubes en aluminium ont ainsi été installés à une profondeur de 3 m. Le dispositif a été remanié en 1986 suite à des accidents, mais toujours suivant les mêmes principes. Cette année nous avons abandonné le suivi d'un tube car celui-ci se trouve maintenant au bord d'un fossé qui s'est progressivement creusé. Les numérotations des 8 sites suivis cette année sont les suivantes :

Série TPS : T1; T2; T3

Série PSC : C1; C2; C3

Série ICC : I1; I2.

c) Méthodologie utilisée pour les mesures :

Les mesures des humidités volumiques sont faites avec une sonde Troxler 3320 - toujours la même depuis 1985 - à partir de la cote 30 cm, avec un pas de 10 cm.

L'étalonnage a été réalisé en 1985 sur un site présentant

un profil A + Lf moyen par rapport à l'ensemble des 9 sites. La droite d'étalonnage a été obtenue de la manière classique par régression linéaire entre des taux de comptage donnés par la sonde et des humidités volumiques déterminées gravimétriquement (avec $d_a = 1,6$). Cet étalonnage est utilisé depuis pour tous les tubes et tous leurs horizons (cf. Annexe III).

En surface, pour les horizons 0-10 et 10-20 cm, on effectue des mesures gravimétriques (avec: respectivement $D_a = 1,5$ et $1,55$).

Les mesures sont réalisées sur une base pentadaire. On a ainsi régulièrement accès aux stocks hydriques et on détermine à l'aide du bilan hydrique les consommations en eau des plantes sur les différents sites. On peut ainsi comparer les consommations des séries.

3) Conclusion : les contraintes du cadre expérimental.

Après l'installation des tubes de suivi en 1985, les travaux effectués à la sole C se sont axés sur la caractérisation des effets du compost. Malheureusement le plan général de l'essai pérenne initial limite fortement les recherches puisque le dispositif n'est pas statistique pour les comparaisons entre séries et donc pour l'étude des effets du compost : aucune parcelle avec compost n'est adjacente à une parcelle sans compost. Ainsi :

- les analyses de variance sont impossibles entre les séries
- seules sont possibles des comparaisons de moyennes (test de Student) entre les résultats d'un traitement d'une série et ceux du même d'une autre (soit 2 x 5 parcelles prises en compte), ou entre ceux de tous les traitements de deux séries (soit 2 x 20 parcelles), en faisant toutefois l'hypothèse d'une homogénéité préalable globale des sols de la sole C. En effet les différences; que l'on observe entre

les séries résultent à la fois du facteur étudié les différenciant et du facteur terrain. L'hypothèse d'homogénéité nous semble cependant acceptable tant du point de vue chimique, compte tenu du passé cultural de la sole C, que granulométrique puisque l'hétérogénéité granulométrique intrasérie est du même ordre que l'hétérogénéité intersérie.

Pour les résultats hydriques, le faible nombre de répétitions (3 par série) interdit tous traitements statistiques.

Le caractère pérenne de l'essai représente aussi une contrainte : il interdit toutes études racinaires sur les parcelles des séries car elles sont destructrices et remanient trop le sol. Mon prédécesseur a donc mis en place sur les parcelles de production une zone avec du compost destinée à ce genre d'études.

III - RAPPEL DES PRINCIPAUX RESULTATS-ACQUIS A LA SOLE C

Avant de les exposer, nous allons faire une synthèse des effets que l'on peut attendre de la matière organique. Nous insisterons sur les résultats de travaux réalisés dans la région portant sur les effets d'apports de fumier en sol dior. Cela nous permettra d'orienter nos travaux et nous aidera à étayer nos conclusions.

1) Synthèse bibliographique : La matière organique et les relations "eau-sol-plantes"

La matière organique va intervenir en modifiant différentes propriétés du sol.

a) Modifications des propriétés physiques du sol :

1 - Amélioration de la porosité et de la structuration du sol :

En se décomposant la matière organique libère des espaces et contribue à l'augmentation de la porosité du sol. Pour Allison (1973) ce serait surtout la macroporosité qui augmenterait. Par ailleurs, elle améliore la stabilité structurale du sol et ainsi la résistance à la batance grâce aux débris végétaux qu'elle contient qui créent une armature végétale et grâce aux liaisons qui s'établissent à long terme entre certaines molécules organiques et le complexe argilo-humique. Ces effets, complémentaires de ceux du labour qui créent une macroporosité, permettent une meilleure infiltration des eaux de pluie aux dépens du ruissellement, facilitent la pénétration racinaire et favorisent les échanges gazeux nécessaires à une bonne rhizogenèse. Avec le compost pailleux utilisé à la sole C on peut espérer que ces effets soient bien marqués.

2 - Modifications des propriétés de rétention et de transferts hydriques du sol :

La matière organique possède un certain pouvoir de rétention de l'eau qui augmente avec son degré d'humidification : ainsi 100 kg de matière sèche de compost peuvent retenir 550 kg d'eau (Nicou 1964). Par ailleurs, si l'on admet qu'elle augmente aussi la microporosité du sol, elle entraîne donc aussi une augmentation de sa capacité de rétention. On considère donc généralement que la matière organique augmente les propriétés de rétention du sol et ralentit les transferts hydriques. Mais ces effets dépendent beaucoup de la texture et de la structure du sol (Feustel, Jamison), et de la quantité de matière organique incorporée au sol. Jamison montre ainsi que des sols ayant un faible taux d'argile ($< 13\%$) ne présentent aucune relation entre leur teneur en matière organique et leur capacité de rétention. Très récemment, Cissé a montré que des apports de fumier de l'ordre de 5 T/Ha/an pendant 10 ans n'ont pas modifié les propriétés de transfert et de rétention d'un sol dior de la région Centre-Nord du Sénégal (A + Lf $\leq 3\%$; MO = 0,5%).

Bien que le taux d'argile de la sole C soit faible ($< 10\%$), ainsi que la dose de compost utilisé (3 T/Ha/an), le fort pouvoir de rétention du compost peut laisser espérer un certain effet.

b) Modification des propriétés chimiques et biologiques du sol :

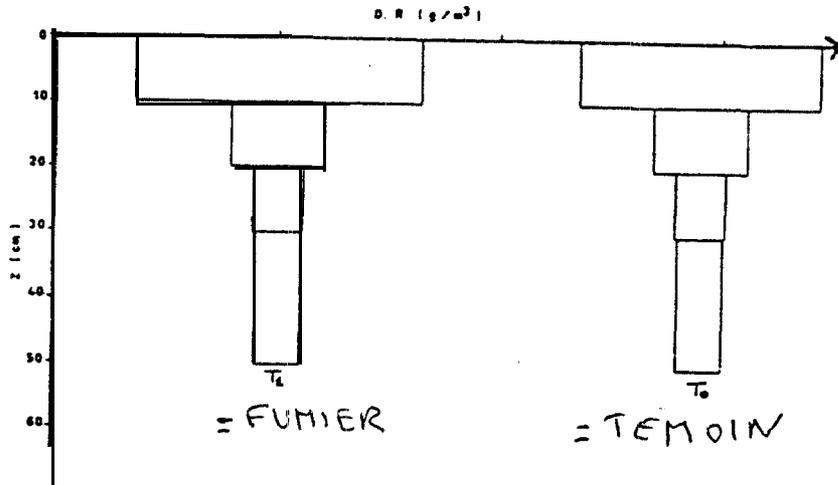
1 - Amélioration de la fertilité :

Un apport de matière organique accroît les teneurs en éléments azotés et carbonés. De plus la matière organique apporte d'autres éléments minéraux (Mg, Ca) et peut ainsi redresser le niveau de fertilité d'un sol (L. Cissé 1986). Il semble'

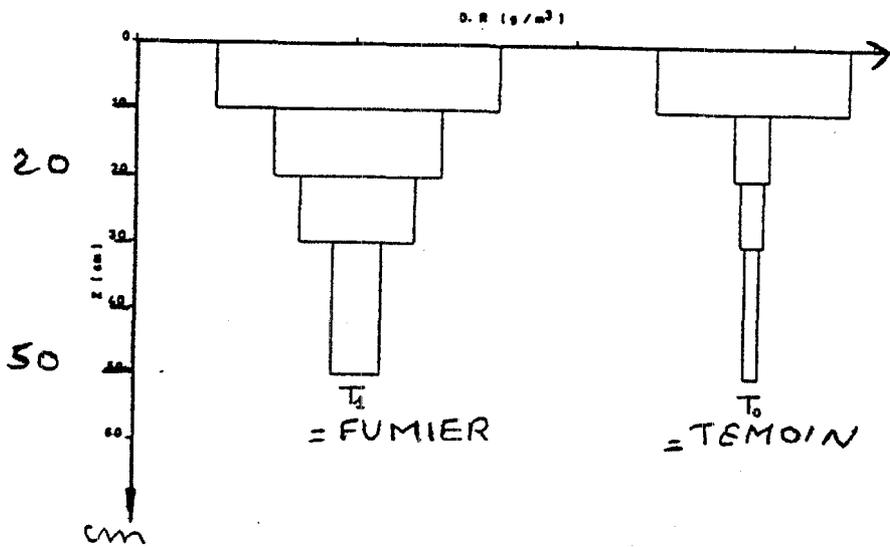
TABLEAU III

AMELIORATIONS DES ENRACINEMENTS DU MIL ET DE L'ARACHIDE PAR APPORT DE FUMIER (d'après Cisse)

DENSITE RACINAIRE



DENSITE RACINAIRE



aussi que la matière organique rende plus facilement assimilables les éléments : une même masse racinaire absorbe plus en présence de matière organique (L. Cissé 1986).

2 - Actions positives sur le développement racinaire :
 Les augmentations de porosité, d'humidité et de fertilité dont nous avons parlé agissent favorablement sur la croissance racinaire. De plus, certains acides organiques de faibles poids moléculaires libérés par la décomposition de la matière organique stimulent la rhizogenèse (Kononova). Les travaux de Cissé montrent très clairement une action de la matière organique sur les développements racinaires du mil et de l'arachide : on a une augmentation globale forte de la masse racinaire sur les 50 premiers centimètres, en particulier dans sa composante latérale près de la surface (cf. Tableau III).

c) Conclusion :

Entraînant au minimum une meilleure alimentation organique de la plante, la matière organique peut, grâce à la conjugaison de ses différents effets, améliorer considérablement son, enracinement. Les possibilités d'alimentations hydriques et minérales de la plante sont alors largement augmentées et son développement végétatif favorisé.

Cissé obtient ainsi une augmentation très importante des rendements. De plus, il constate des différences très fortes au niveau des bilans hydriques (meilleure ETR, absence de drainage avec fumier) alors que le fumier n'a pas modifié les propriétés hydriques du sol (cf. Tableau IV). Ces différences sont donc dues aux modifications entraînées par la matière organique des caractéristiques et du fonctionnement des systèmes racinaires.

TABLEAU IV

		FUMIER	TÉMOIN
ARACHIDE 1983	ETR	102,9	183,5
	D _r	8	69
MIL 1984	ETR	241,5	232,9
	D _r	0	0
ARACHIDE 1984	ETR	222,6	186,9
	D _r	0	24,8

Exemples d'effets de la matière organique sur les termes du bilan hydrique (d'après Cissé)
(unité = millimètre)

TABLEAU V

	PSC	TPS
1985 MIL	347,1	342,9
1986 ARACHIDE	224,8	218,7

SUIVIS HYDRIQUES "SOLE C"
ETR TOTALES

		GRAINS		PAILLES	
		PSC	TPS	PSC	TPS
MIL	1984	500	-	6620	-
	1985	1265	985	7258	6070
	1986	813,5	718	-	-
		GOUSES		FANES	
		PSC	TPS	PSC	TPS
ARACHIDE	1984	1036	-	1079	-
	1985	1165	1022	1471	1225
	1986	567	648	1225	946

RENDEMENTS "SOLE C"
EN KG MS/HA

TABLEAU VI

2) Principaux résultats acquis à la sole C :

Les mesures de densité effectuées l'an dernier n'ont pas montré de différences significatives pour l'horizon 0-20 cm entre les séries PSC et TPS (cf. rap. Jouve). Cependant elles n'ont pas été réalisées dans de bonnes conditions (matériel défectueux) et n'ont donc sans doute pas été très précises.

Les propriétés hydriques du sol n'ayant pas fait l'objet d'études particulières en sol nu, seuls les suivis hydriques peuvent nous renseigner sur les effets du compost sur l'eau. Au cours de l'hivernage 1986, une meilleure rétention de l'eau dans l'horizon 0-10 cm a été observée sur la série PSC juste après la pluie de semis. Mise à part cette observation ponctuelle, au cours des hivernages précédents, aucune différence notable n'est apparue au niveau des comportements hydriques entre les séries TPS et PSC, et, bien que pour certaines pentades des différences d'ETR existent, les consommations des deux séries sont égales pour les différentes phases végétatives et pour les cycles entiers (cf. Tableau V et Annexes IV et V)

Les mesures de croissance racinaire effectuées en 1986 en début de cycle sur l'arachide montrent un effet positif du compost sur le poids des racines dans l'horizon 0-10 cm et un effet inverse dans l'horizon inférieur. Mais les différences n'étaient pas significatives. (cf. rap. Jouve)

Au niveau des rendements (cf. Tableau VI) on retrouve globalement un effet positif du compost mais comme pour les autres paramètres observés, les différences ne sont pas toujours significatives. Les plus fortes s'observent en 1985 qui fut une année relativement humide. Il apparaît de plus que le mil réagit plus favorablement que l'arachide aux apports de

compost. Cela est logique puisqu'en tant que céréale il a besoin d'apports plus importants d'azote que l'arachide qui est une légumineuse.

3) Conclusion

Les résultats obtenus antérieurement à la sole C sont donc très fragmentaires et rarement significatifs. Cela tient pour certains à des difficultés expérimentales liées aux matériels et aux dispositifs.

On ne peut conclure pour l'instant qu'à un léger effet engrais du compost : c'est faible par rapport à ce que l'on peut en espérer.

Cependant les observations de Jouve permettent de supposer que le compost modifie aussi les propriétés physiques du premier horizon (densité, capacité de rétention), et que tous ses effets conjugués agissent sur l'enracinement de surface.

Nous essaierons donc au cours de cet hivernage de préciser les différentes influences du compost.

IV - LES OBJECTIFS DE TRAVAIL ET LES TECHNIQUES D'ETUDE DEFINIS POUR L'HIVERNAGE 1987

La connaissance des travaux antérieurs, des difficultés rencontrées lors de leurs réalisations, de leurs résultats et des limites de ceux-ci, nous a aidé à choisir nos objectifs et nos techniques d'étude.

Nous avons donc prévu d'effectuer, en plus des suivis hydriques et agronomiques, les études suivantes :

- des mesures de densité : à réaliser dans de bonnes conditions avec un gammadensimètre.

- des mesures des apports minéraux et organiques du compost : à faire par des analyses chimiques des horizons 0-10 cm et 10-20 cm (au minimum). A défaut de l'étude physiologique des alimentations organiques et minérales des cultures, cela nous renseignera qualitativement sur l'effet "engrais" du compost. Par ailleurs, ces mesures serviront dans le cadre de l'essai pérenne à la comparaison des effets des différents traitements minéraux.
- une caractérisation hydrique en sol nu : études des capacités de rétention des horizons 0-10 et 10-20 et celles des cinétiques d'infiltration et d'évaporation.
- un suivi racinaire : effectué avec un grand nombre de répétitions, sur un dispositif statistique et sur plusieurs dates d'observation permettant une bonne couverture du cycle.

Malheureusement, nous ne pourrons présenter que les résultats du suivi racinaire, du suivi hydrique et du suivi phénologique.

En effet :

- les résultats des analyses minérales ne sont pas encore disponibles.
- les mesures de densité n'ont pas été réalisées faute de gammadensimètre et de densimètre à membrane.
- les études hydriques entreprises avant l'hivernage n'ont pu être menées à bien à cause de problèmes météorologiques (vents de sable) et matériels.

B - ETUDE DES EFFETS DU COMPOST
SUR LE DEVELOPPEMENT RACINAIRE DU MIL

I - METHODOLOGIES EMPLOYEES

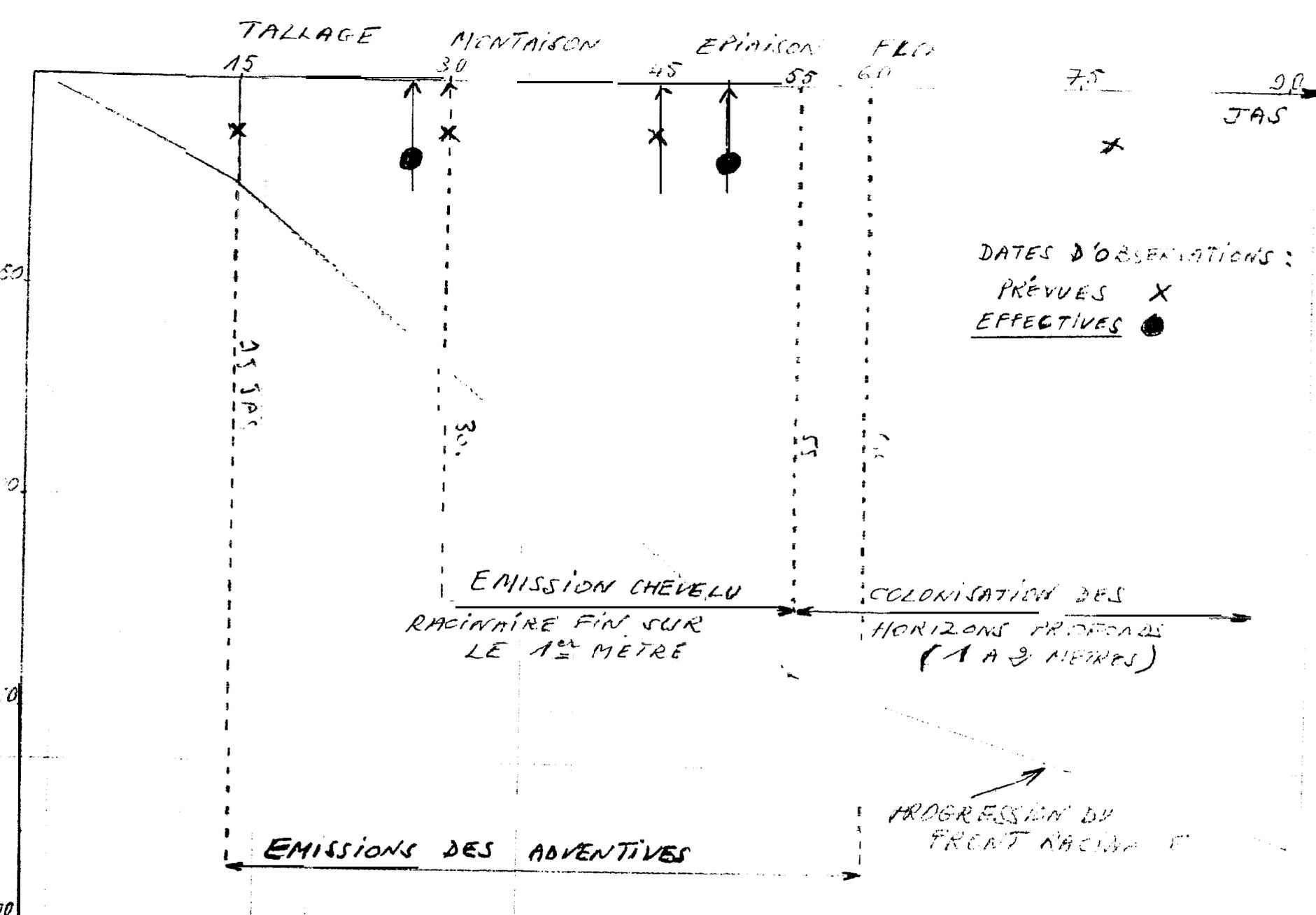
1) Considérations préalables

Les observations ont eu lieu sur le dispositif mis en place par Jouve en 1986. Il est situé sur la production, à côté de la série PSC (cf. Annexe I). Il y a épandu 9T/Ha de matière sèche de compost en fin d'hivernage. Nous nous intéresserons aux premiers horizons CO-30 cm) compte tenu de ce que nous connaissons des effets de la matière organique. Diverses contraintes ont orienté notre travail :

1 - Notre inexpérience des systèmes racinaires : elle nous a conduit à préférer une méthode de caractérisation quantitative (exemples : mesures de poids, de longueur) plutôt que qualitative (observations visuelles et descriptions des profils racinaires). Nous avons donc employé la méthode la plus répandue pour l'étude des systèmes racinaires, qui consiste à effectuer des prélèvements bien définis du sol, d'en extraire les racines, de les laver, de les sécher, de les peser. Le poids sec des racines permet d'avoir une bonne information concernant le développement racinaire.

Nous avons aussi envisagé des mesures de longueur des racines qui nous auraient permis d'apprécier la qualité de la colonisation racinaire, mais nous y avons renoncé à cause du temps que cela demandait.

2 - Des contraintes matérielles : la nécessité de multiplier les répétitions compte tenu de la variabilité forte des organes souterrains, une faible main d'oeuvre et la difficulté



CARACTERISTIQUES DU DEVELOPPEMENT RACINAIRE
 FIG. 1 (D'après Chopard)

du travail (sol dek) nous ont fait choisir une technique "légère" : nous avons effectué des prélèvements de petits volumes de terre.

3 - Des contraintes spatiales : le dispositif est limité et le nombre de pieds observables est faible si l'on tient compte des hétérogénéités de croissance qui nous font éliminer certains pieds, des lignes de bordure et des espaces à respecter entre les pieds observés à cause des perturbations créées par les observations (pieds déterrés, fosses, remaniements de terre, etc. ..). Le nombre de répétitions par observation dépend avant tout du nombre d'observations que l'on désire faire, c'est-à-dire du nombre de dates d'observation.

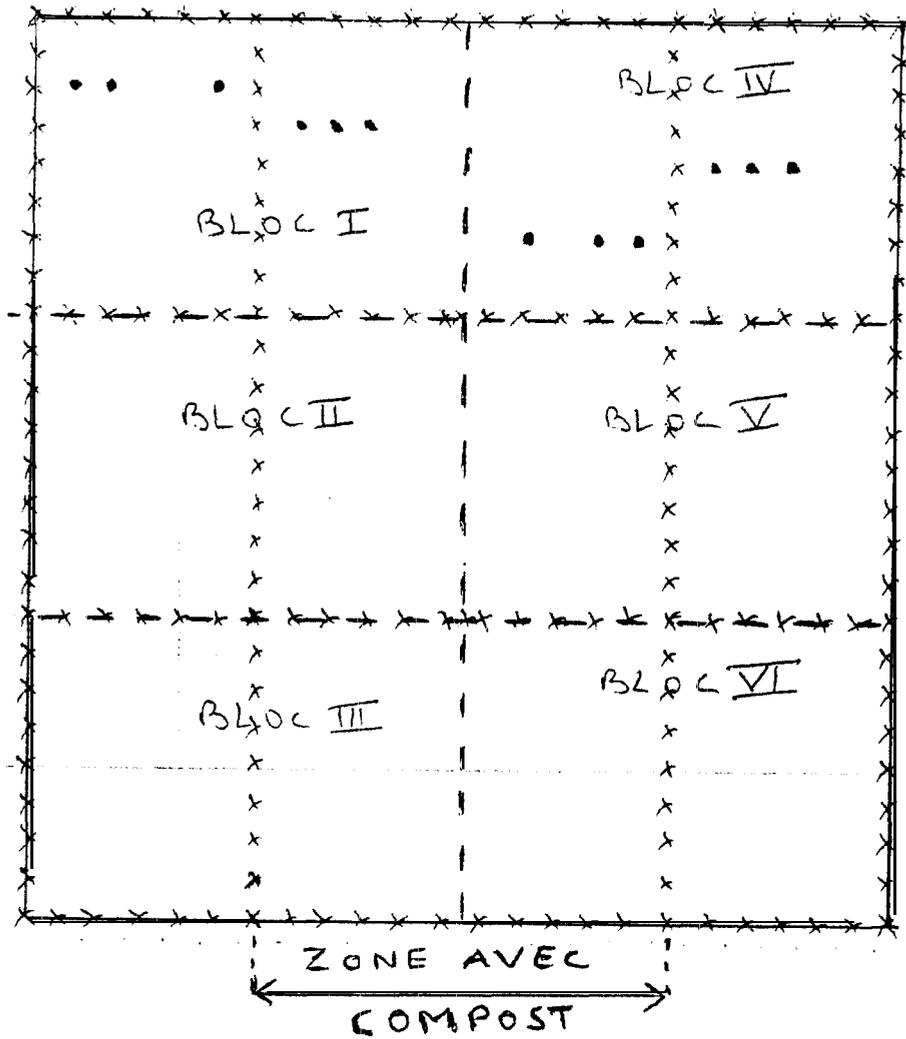
2) Choix des dates d'observation :

Nous les avons choisies en fonction des caractéristiques du développement racinaire du mil que les travaux de Chopard (1980) effectués dans la région ont permis de connaître. (cf. Figure 1 ,

Quatre dates semblent Intéressantes pour notre étude :

- à 15 JAS (jours après semis) : cela nous permettra de juger de l'effet du compost sur la croissance de la racine séminale et de la - ou des - toute première racine adventive.
 - à 30 JAS : en pleine phase de formation des adventives et avant la formation du chevelu racinaire fin.
 - à la mi-cycle : la colonisation racinaire est pratiquement maximale sur le premier mètre de sol. Le système racinaire est "prêt " pour assurer une bonne alimentation pendant les phases sensibles (épiaison et floraison).
 - en fin de cycle.
-

RACINAIRE



--- limites des blocs

xxx pieds des lignes de bordure

... pieds étudiés (exemples)

H = écart entre les pieds = 0,9 m.

Finallement, nous avons rejeté la première date car les travaux de Jouve et de Cissé ont montré que l'effet de la matière organique était très peu observable si tôt dans le cycle. Par ailleurs nous n'avons pu réaliser la troisième série d'observations faute de temps.

3) Plan du dispositif d'étude :

En fonction de nos impératifs, nous avons constitué six blocs (= 6 répétitions) dans notre dispositif. Chaque bloc contient deux sous-blocs : un avec compost, un sans. Chaque sous-bloc permet l'observation de trois rangs de cinq pieds, c'est-à-dire d'un rang par date pour les trois dates prévues initialement. Sur un rang nous travaillerons sur trois pieds choisis parmi les cinq en fonction de leur développement végétatif qui doit être moyen et représentatif. On a donc $3 \times 6 \times 2 = 36$ pieds pris en compte à chaque date d'observation.

Nous pourrions ainsi analyser les données de deux manières :

- par une comparaison: des moyennes des deux séries : test de Student effectué sur les 18 x 2 observations. Compte tenu de la variabilité forte des organes souterrains nous considérerons que les différences seront significatives au seuil de 10 %.
- par une analyse de variance portant sur les résultats des sous-blocs (=moyenne de trois observations) : test de Fisher effectué sur 6 x 2 observations. Cela nous renseignera sur la variabilité de nos résultats .

4) Acquisition des données :

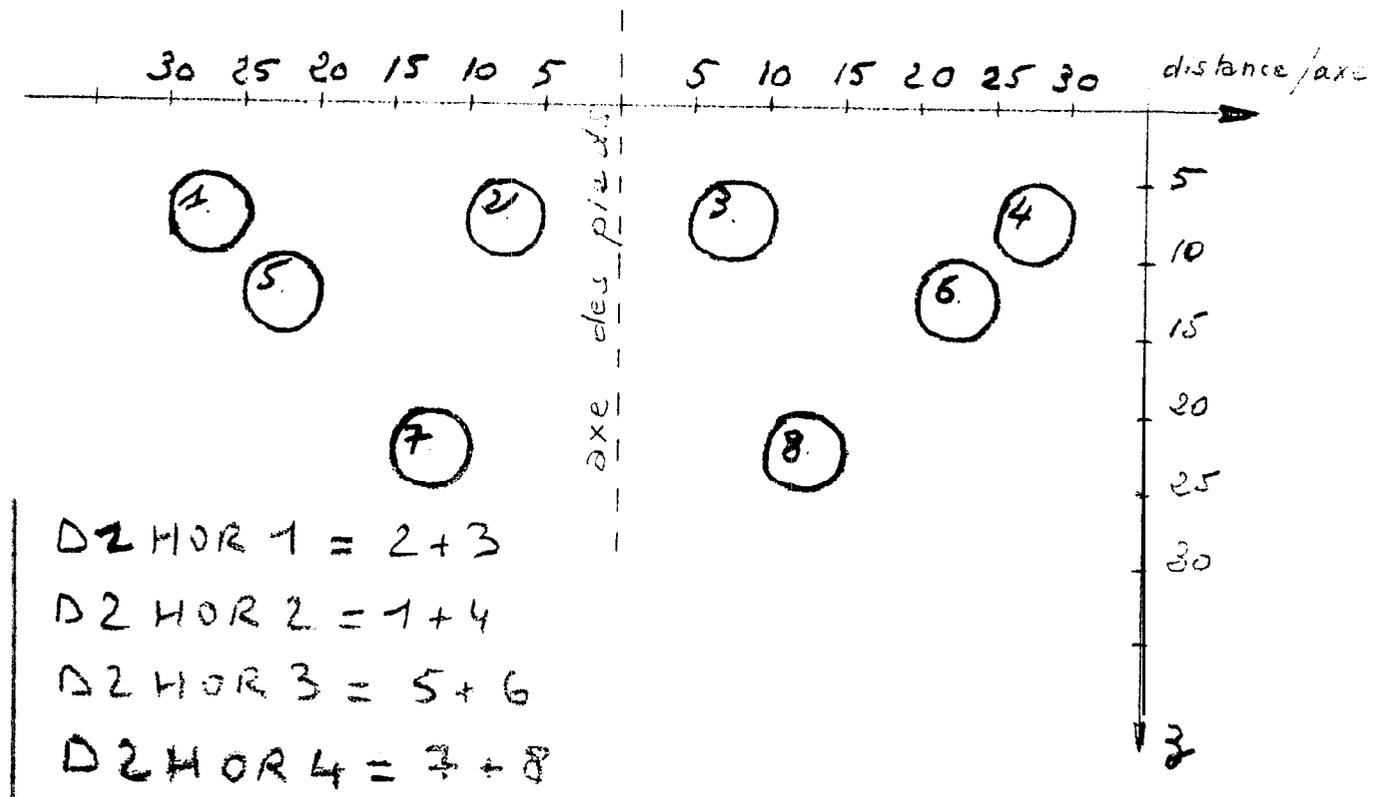
Comme nous l'avons dit, nous allons caractériser les racines par leur poids sec.

a) Techniques de prélèvements utilisées:

- Première date (27 JAS) : compte tenu d'un faible développement racinaire (observation visuelle) nous sommes restés près du pied. La technique employée a été la suivante :
 - on enfonce en terre verticalement, centré autour du pied préalablement coupé, un cylindre à bord biseauté. Nous utilisons un cylindre de 19 cm de diamètre et 10 cm de hauteur.
 - on dégage ensuite la terre autour du cylindre et: l'on glisse une plaque dessous : on piège ainsi un certain volume de terre avec ses racines (vol = 2.835 cm³). On retire le cylindre et la plaque et on récupère la terre dans un sac. Nous avons répété cette opération une seconde fois pour pouvoir étudier l'horizon 10-20 cm.

Pour la première date, nous avons donc deux types d'observations que nous appellerons D1 HOR1 (correspond au premier horizon) et D1 HOR2 (deuxième horizon).
- Deuxième date (50 JAS) : pour avoir accès à différents points du profil racinaire nous avons utilisé une technique différente :
 - on creuse une tranchée parallèlement aux rangs de mil, en positionnant un de ses bords à environ 10 cm des pieds. On modèle cette face pour avoir une paroi bien régulière et verticale.
 - on repère sur la face les différents points du système racinaire que l'on désire caractériser.
 - on procède alors à des carottages en ses différents points en y enfonçant horizontalement des cylindres (5 cm de Ø - 15 cm de long - vol = 295 cm³). Pour ne pas perdre de terre lors des carottages il faut parfois dégager complètement les cylindres et les obturer aux deux bouts.

EMPLACEMENTS DES PRELEVEMENTS RACINAIRES SUR LE PROFIL (2^{ème} DATE)



Nous avons effectué des prélèvements en huit points différents disposés symétriquement par rapport à l'axe des pieds et nous les avons regroupés par paire. Ils permettent de faire l'étude de l'enracinement en quatre zones. Chaque zone a été choisie en fonction d'un objectif défini a priori :

- Zone DZ HOR1 : elle nous renseignera sur l'effet du compost sur la formation des adventices. Son étude vient en complément de celle de D1 HOR1.
- Zones DZ HOR2 et DZ HOR3 : pour étudier l'extension latérale des racines. Nous ne nous sommes pas trop éloignés de l'axe du pied (distance/axe < 30 cm) car le système racinaire était peu développé (appréciation visuelle).
- Zone DZ HOR4 : elle nous permettra de savoir si le compost utilisé à la sole C a un effet positif sur tout l'enracinement et non pas uniquement sur l'enracinement des horizons de surface.

En attendant d'être traités les prélèvements sont conservés en chambre froide pour que les racines ne se nécrosent pas.

b) Traitement des prélèvements

La terre est lavée à l'eau sur un tamis à maille de 1 mm. Les racines sont triées, récupérées, nettoyées puis séchées à l'étuve pendant 48 heures à 60°C. Puis elles sont pesées. Nous utilisons une balance précise à 10⁻⁴g. Nous avons exprimé les résultats en densité racinaire pour qu'ils soient comparables entre eux :

$$\text{densité racinaire (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{poids sec racinaire}}{\text{volume de terre prélevé.}}$$

		D1HOR1	D1HOR2	D2HOR1	D2HOR2	D2HOR3	D2HOR4
DENSITES RACINAIRES 10^{-5} g/cm^3	COMPOST	35,1	1,6	91,9	14,9	8,6	5
	TEMOIN	26,6	1	66,3	11,2	11,2	6,6
RESULTATS TEST DE STUDENT	$t_{OBSERVE}$	2,03	1,64	1,49	/	1,72	1,27
	SIGNIFICATION	5%	>10%	>10%	/	10%	>20%
RESULTATS TEST DE FISHER	F_{BLOC}	1,15	3,12	1,02	0,15	12,9	1,88
	SIGNIFICATION	44%	17,8%	50%	>50%	0,6%	25,2%
	$F_{TRAITEMENT}$	3,85	5,78	1,27	2,22	26,79	4,54
	SIGNIFICATION	10,6%	6,1%	31%	19,6%	0,3%	8,6%
	C.V.	24,4%	34,7%	49%	32,9%	8,83%	23,07%

(TEST DE STUDENT : $ddl = 36$
 $t_{5\%} = 2,03$
 $t_{10\%} = 1,69$)

ET - RESULTATS

1) Résultats (ci. Tableau VIII et Annexe VI) :

- Première date : on constate en présence du compost un meilleur enracinement autour du pied et en particulier au voisinage du plateau de tallage (D1 HOR1). Les résultats des deux analyses statistiques sont concordants.
- Deuxième date : une supériorité du traitement compost existe toujours pour l'horizon 0-10 cm, que ce soit sous le pied ou l'écart. Cependant les différences ne sont pas du tout significatives statistiquement. Pour les horizons inférieurs on a un effet inverse : les masses racinaires y sont moins importantes en présence de compost. Les résultats statistiques sont particulièrement significatifs et concordants pour le prélèvement D2 HOR3 qui nous permet d'étudier la colonisation latérale des racines dans l'horizon 10-15 cm. Par contre ils le sont moins pour D2 HOR4 qui se rapporte aux racines situées à la verticale du pied.

2) Critiques et interprétations :

Les résultats sont très hétérogènes d'un point de vue statistique : valeurs fortes des C.V., effets blocs et effets traitements très variables, différences entre les degrés de signification des deux tests.

Cela s'explique par la variabilité naturelle du matériel étudié et par les techniques employées : il y a sans doute une erreur expérimentale importante liée au fait que l'on travaille sur de petits prélèvements et que le lavage et le triage engendrent des pertes des plus petites racines. Le triage des racines de l'horizon de surface

SECTION

1/20/01

3

7

7

7

7

7



10-56/cn

10

5

0

s'est d'ailleurs avéré particulièrement délicat car cet horizon est sale : débris végétaux et compost.

Cette hétérogénéité statistique ne s'atténue sans aucun doute les différences entre les deux traitements et elle rend ainsi certains résultats moins significatifs.

Cependant, d'un point de vue comparatif, les résultats sont toujours homogènes. Nous allons pour cette raison considérer qu'ils sont très indicatifs et que l'on peut en tirer les conclusions suivantes :

- En début de cycle le compost agit favorablement sur la formation des adventives. Elles apparaissent en plus grand nombre en sa présence. Nous ne pouvons pas conclure sur l'effet (physique, chimique ou biologique) du compost qui prédomine.
- Par la suite le compost oriente avant tout le développement racinaire en privilégiant un enracinement de surface aux dépens d'un enracinement plus profond. Cela est particulièrement marqué en ce qui concerne l'enracinement latéral. Compte tenu du caractère fasciculé du système racinaire au milieu on peut interpréter cela de la manière suivante : les racines adventives latérales qui ont normalement une direction privilégiée oblique ont tendance en présence du compost à rester horizontales et à se développer dans l'horizon de surface. Ainsi en trouve-t-on moins en profondeur en présence de compost. La croissance racinaire a donc été avant tout favorisée par le compost et non pas stimulée d'une manière générale. Les effets physiques (augmentation de la porosité et de l'humidité du premier horizon) semblent être prédominants par rapport aux effets chimiques et biologiques qui devraient normalement se faire sentir aussi dans les horizons inférieurs puisqu'une partie au moins des éléments apportés par le compost y migre.

5) Comparaison de nos résultats avec ceux de Jouve et de Cissé :

Nos résultats sont concordants avec ceux de Jouve effectués l'an dernier sur l'arachide, ceci malgré la différence existant entre les systèmes racinaires étudiés (pivotant pour l'arachide, fasciculé pour le mil).

Par contre ces résultats sont en désaccord partiel avec ceux de Cissé qui, pour Les mêmes systèmes racinaires, montraient une meilleure colonisation de tous les horizons.

Nous pouvons expliquer cela soit par les formes différentes des matières organiques utilisées lors des deux études, soit par les natures des sols dek et dior. Nous pensons que c'est la nature nettement plus argileuse du sol dek qui explique nos observations : en effet, il présente une structure compacte qui offre une résistance importante à la pénétration racinaire. Les apports de compost rendent - à notre avis - l'horizon de surface beaucoup plus facilement colonisable et les racines s'y maintiennent d'autant plus préférentiellement que l'horizon sous-jacent est difficilement pénétrable. Le fait que l'on ait mis 9 T /Ha de compost d'un seul coup l'an dernier sur notre dispositif d'étude, y a peut-être accentué ce phénomène. Cette remarque nous fait d'autant plus regretter l'absence des résultats des analyses chimiques et la non-réalisation des mesures de densité, qui nous auraient permis d'étayer nos conclusions.

III-. CONCLUSION

La concordance des résultats des deux suivis racinaires effectués l'an dernier sur arachide et cette année sur mil nous permet de conclure qu'à la sole C les caractéristiques du sol dek (résistance à la pénétration racinaire) se conjuguent avec les effets (essentiellement physiques) du compost pour orienter préférentiellement le développement racinaire dans l'horizon de surface aux dépens d'un développement plus homogène dans le premier mètre de sol.

* à notre avis

Cela s'oppose à ce que l'on peut observer en sol dior beaucoup plus facilement pénétrable puisque la matière organique y améliore l'enracinement de tous les horizons. L'effet fertilisant du fumier utilisé par Cissé est cependant peut-être plus important que celui de notre compost.

Les suivis hydriques et phénologiques nous permettront d'étudier les conséquences qu'entraînent ces modifications de l'enracinement.

Pour pouvoir caractériser d'une manière plus significative et approfondie les modifications du système racinaire entraînées par le compost en sol dek, et pour pouvoir expliquer l'effet du compost qui prédomine, nous conseillons de réaliser l'an prochain les études suivantes :

- mesures des densités des horizons 0-10, 10-20 et 20-30 cm en présence et en absence de compost.
- suivis racinaires sur mil et arachide. Pour avoir des dispositifs statistiques et représentatifs il faudrait les réaliser sur la série PSC et sur les parcelles de production voisines. L'idéal serait de les effectuer à l'aide de prélèvements de terre plus importants et nombreux qui concerneraient au moins les 50 premiers centimètres de sol. Une seule date - à la mi-cycle - semble suffisante. Sur des pieds situés à la périphérie des parcelles (3 par parcelles par exemple) cette étude ne perturberait pas trop les essais.

Nous sommes cependant conscient du travail que cela représente et nous pouvons d'ailleurs faire la remarque que très peu d'études racinaires ont été effectuées en sol dek (Chopard a travaillé en dior...),

C -- SUIVI HYDRIQUE DE L'HIVERNAGE

Nous avons déjà présenté ses objectifs • calcul des consommations hydriques des cultures • et décrit sa réalisation.

Il nous reste à expliquer comment nous avons utilisé le principe du bilan hydrique pour calculer les consommations.

I - ETABLISSEMENT DU BILAN HYDRIQUE

1> Principe

Comme son nom l'indique, le bilan hydrique est une équation : elle relie les gains et les pertes hydriques d'un certain volume de sol pendant une période donnée.

Pour une période (t1, t2) et un volume de sol de profondeur z on a :

$$\text{ETR} (t1, t2) = P (t1, t2) + I (t1, t2) - R (t1, t2) - \Delta S_z (t1, t2) + D_r (t1, t2) - R_c (t1, t2) \quad (1)$$

Avec :

- $\Delta S_z (t1, t2)$ = c'est la variation du stock d'eau du volume considéré au cours de la période (t1, t2).
- $\text{ETR} (t1, t2)$ = évapotranspiration réelle ou consommation hydrique de la culture pendant la période (t1, t2)
- $P (t1, t2)$ = pluviométrie de la période
- $I (t1, t2)$ = dose d'irrigation apportée pendant la période ,
- $R (t1, t2)$ = ruissellement pendant la période
- $D_r (t1, t2)$ = drainage pendant la période. Ce sont les flux d'eau qui percolent au-delà de la cote z. Ils constituent des pertes pour le volume de sol considéré.

- $R_c(t_1, t_2)$ = remontées capillaires pendant la période. Ce sont les flux ascendants qui passent à travers la cote z . Ils constituent un gain pour le volume de sol considéré.

Nous allons déterminer ces différents termes.

2) Etude des différents termes du bilan hydrique :

1. Les stocks et leurs variations :

a) Détermination de la profondeur du sol à prendre en compte :

Les profondeurs racinaires maximales citées pour le mil vont de 1,5 m à 1,8 m : il serait donc normal de prendre la cote $z_r = 1,8$ m comme cote maximale pour le calcul des stocks. Cependant, étant donné que nous avons observé un assèchement progressif de certains profils jusqu'à la cote 2 m - mais pas au-delà - nous avons effectué nos calculs sur 0-2 m. Ainsi, que cet assèchement soit le fait de racines actives présentes à la cote 2 m ou qu'il soit dû à des remontées capillaires engendrées par une activité racinaire intense dans les horizons supérieurs, la consommation en eau qu'il représente est prise en compte dans notre bilan.

b) Calcul des stocks :

Connaissant les humidités volumiques aux différentes cotes, le stock pour la tranche de sol 0-2 m est égal à :

$$S = \theta_{0-10} + \theta_{10-20} + 1,5 \cdot \theta_{30} + \theta_{40} \dots \theta_i \dots + \theta_{190} + 0,5 \cdot \theta_{200}$$

- θ_{0-10} et θ_{10-20} déterminés gravimétriquement.

- θ_i : mesurée à la sonde à neutrons à la cote i .

On attribue la valeur θ_i à la tranche de sol ($i = 5, i + 5$).

La valeur θ_{30} est attribuée à la tranche 20-35.

Le stock S sera exprimé en mm d'eau et les humidités volumiques en pourcentage.

La variation de stock entre deux dates est égale à :

$$\Delta S (t_1, t_2) = S_{t_2} - S_{t_1}.$$

2. Pluviométrie

Elle est mesurée à la sole C.

3. Drainage et remontées capillaires

Nous ne pouvons qu'émettre des hypothèses concernant les flux à la cote 2 m puisque nous ne disposons pas de tensiomètres.

Nous considérerons qu'il n'y a pas de remontées capillaires **pour** deux raisons :

- La première nappe se trouve à plus de 10 m
- il n'y a jamais eu de remontées capillaires dans le passé.

Nous considérerons aussi qu'il n'y a pas eu de drainage car la pluviométrie étant faible, les fronts d'humectation n'ont pas dépassé 80 cm et : Les profils hydriques maximum observés cette année sont restés en-deça de ceux des hivernages précédents ; On n'a donc jamais atteint au-dessus la capacité de rétention du sol sur le premier mètre et il n'y a donc théoriquement pas pu y avoir de drainage. La constance des profils dans la tranche de sol 2 m - 3 m **accrédite** notre hypothèse. L'équation du bilan hydrique devient donc :

$$ETR = (P + I) - R - \Delta S \quad (2)$$

4. Ruissellement

Nous ne disposons d'aucun moyen pour le déterminer. Nous ferons donc par défaut l'hypothèse qu'il est nul.

L'équation du bilan hydrique devient donc :

$$ETR_{R=0} = (P + I) - S \quad 31$$

et nous avons la relation suivante :

$$(2) \text{ et } (3) \quad ETR_{R=0} = ETR + R > ETR$$

Notre hypothèse entraîne donc une surestimation de l'ETR.

Nous pourrions dans certains cas nous en rendre compte car nous savons que l'ETR est bornée par une valeur appelée évapotranspiration maximale (ETM) qui dépend du stade végétatif de la culture et des conditions climatiques. Nous rejeterons donc notre hypothèse quand nous trouverons des valeurs d'ETR supérieures aux ETM. Nous poserons alors :

- $ETR = ETM$
- $R = ETR_{R=0} - ETM$.

Pendant les périodes pluvieuses où la surface des feuilles et du sol reste mouillée, on a réellement $ETR = ETM$ et l'évaluation du ruissellement que l'on peut faire alors est exacte.

Par contre, pendant les autres périodes, l'ETR peut être suffisamment faible par rapport à l'ETM pour que l'on ne puisse pas mettre en évidence un ruissellement qui se serait produit par exemple sur une grosse et unique pluie.

On a dans ce cas :

$$ETR_{R=0} = ETR + R < ETM \text{ avec } R \neq 0.$$

Nous surestimerons dans ce cas l'ETR.

Les valeurs d'ETM sont déterminées à partir des évaporations bac (EV) mesurées à Bambey et on utilise les coefficients culturaux (kc) établis pour le mil dans la région.

On a : $ETM = kc \times EV$.

5. Doses d'irrigation :

a) Description rapide du dispositif d'irrigation :

C'est un réseau d'irrigation par aspersion.

Il est alimenté par une pompe débitant 12 m³/h et ayant une HMT de 50 m.

Le schéma ci-contre montre qu'il se compose sur la série mil-ICC de deux conduites qui permettent la mise en place de 12 asperseurs avec une maille d'arrosage de 12 x 6 m.

Cependant, nous n'avons pu utiliser que 6 asperseurs car il n'y avait que 6 cannes d'irrigation.

Les caractéristiques des asperseurs sont reportées ci-contre (Tableau IX).

Le réseau est en bon état de fonctionnement et les différents joints ont été changés en début d'hivernage : il y a très peu de perte et la montée en pression est très rapide (2 mn).

b) Détermination des doses d'irrigation :

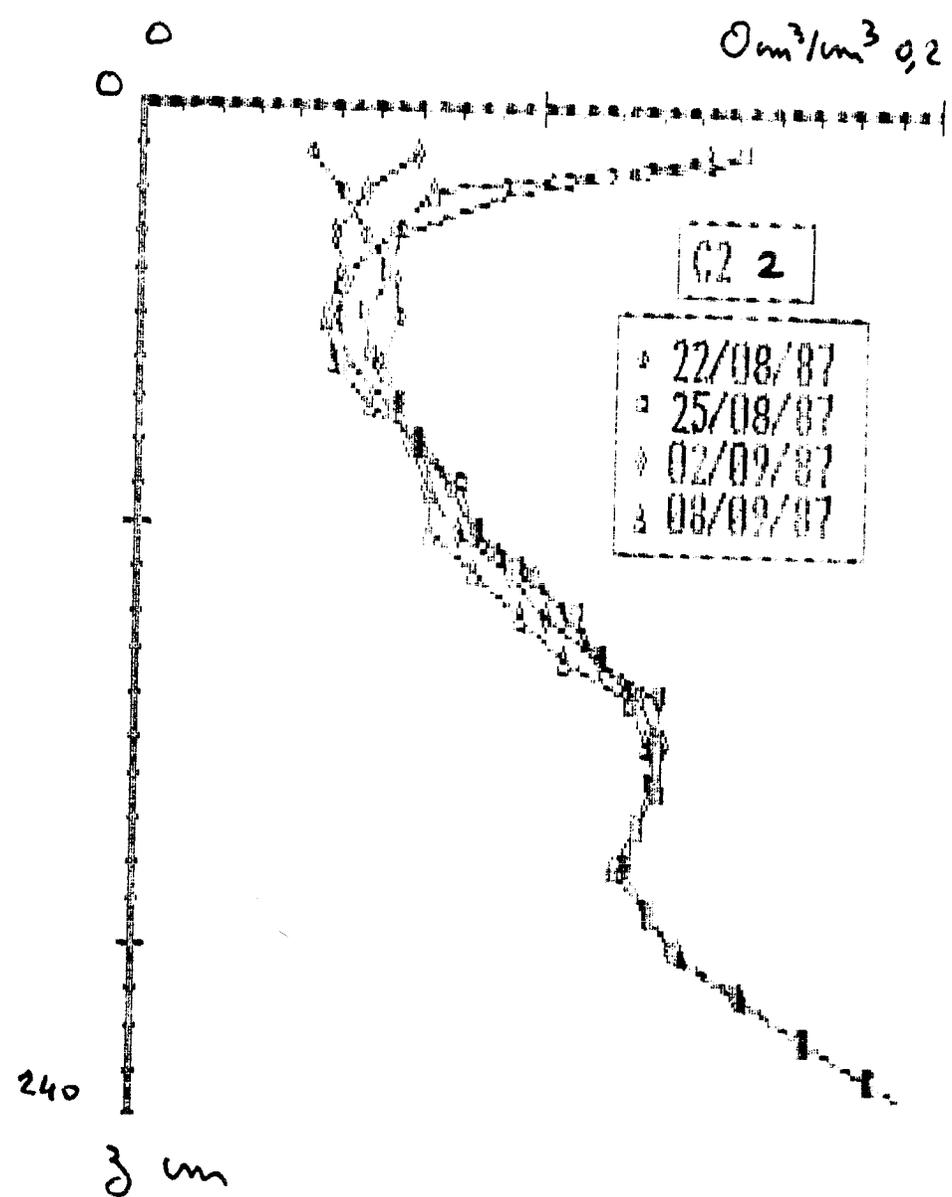
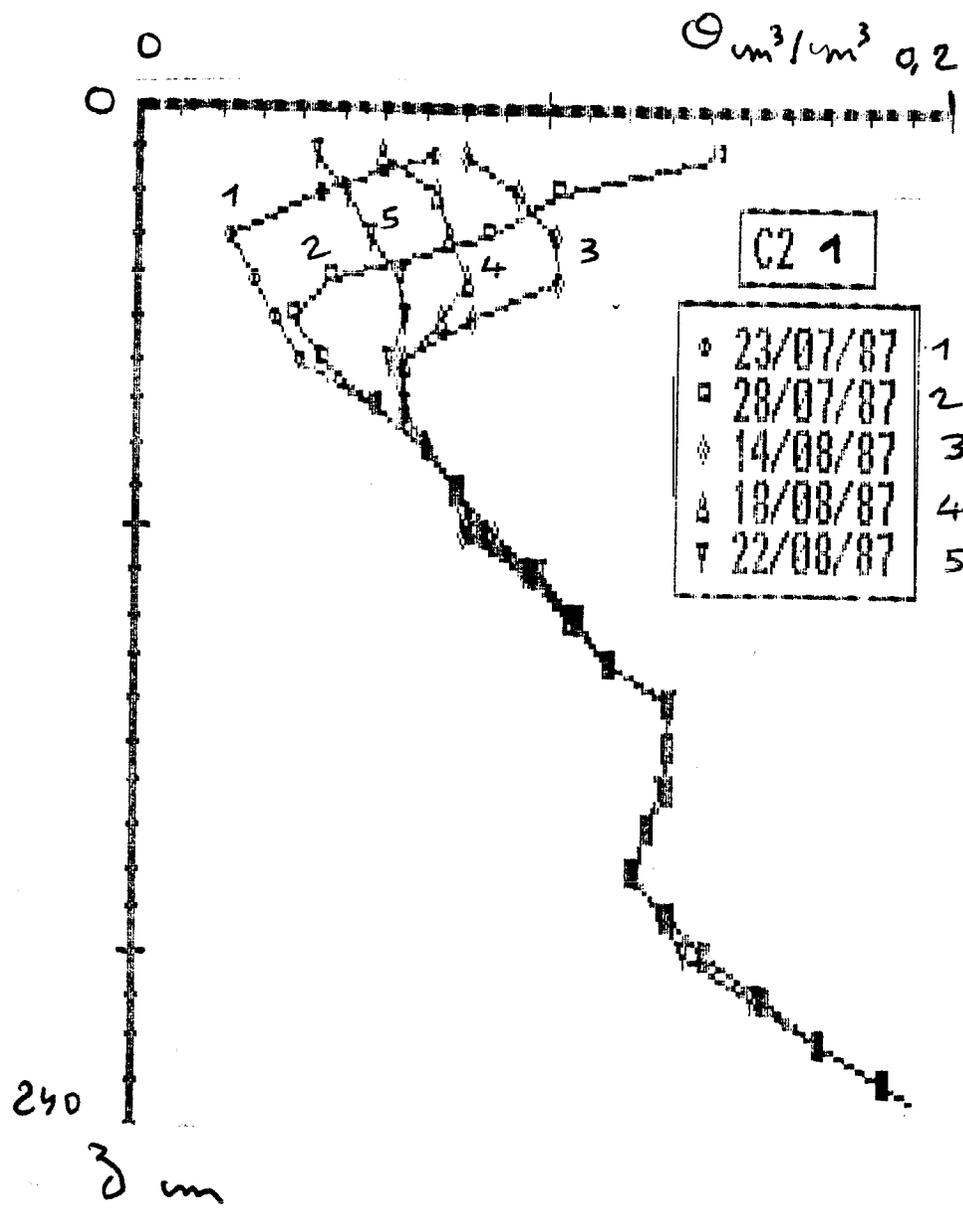
Nous avons déterminé les doses d'irrigation (I) à partir des volumes pompés (V) en supposant que le réseau avait une efficacité de 70 %. C'est une valeur moyenne par rapport aux valeurs généralement citées pour un dispositif en bon état (50 à 80 %). De plus elle est en accord avec les valeurs trouvées antérieurement si l'on tient compte de la remise en état du réseau : efficacité de 50 % en 1985 et de 65 % en 1986.

Sachant que notre surface irriguée S fait 1,250 m², pour un volume pompé V, nous aurons la dose d'irrigation I suivante :

$$I = \frac{V}{S} \times 0,7$$

$$\text{soit } I \text{ (mm)} = 0,56 \times V \text{ (m}^3\text{)}$$

Les doses d'irrigation que nous déterminerons ainsi seront des doses moyennes : en réalité l'irrigation est très hétérogène car le réseau ne peut être rendu symétrique à cause de la disposition longitudinale des rampes, de la position des asperseurs qui est égale à l'écartement des rampes et du nombre réduit d'asperseurs. Ainsi les abords du tube I1 étaient toujours beaucoup plus secs que ceux du tube I2 et les profils hydriques des deux tubes ont eu des évolutions très différentes.



EVOLUTION PROFILES
C2

II - RESULTATS

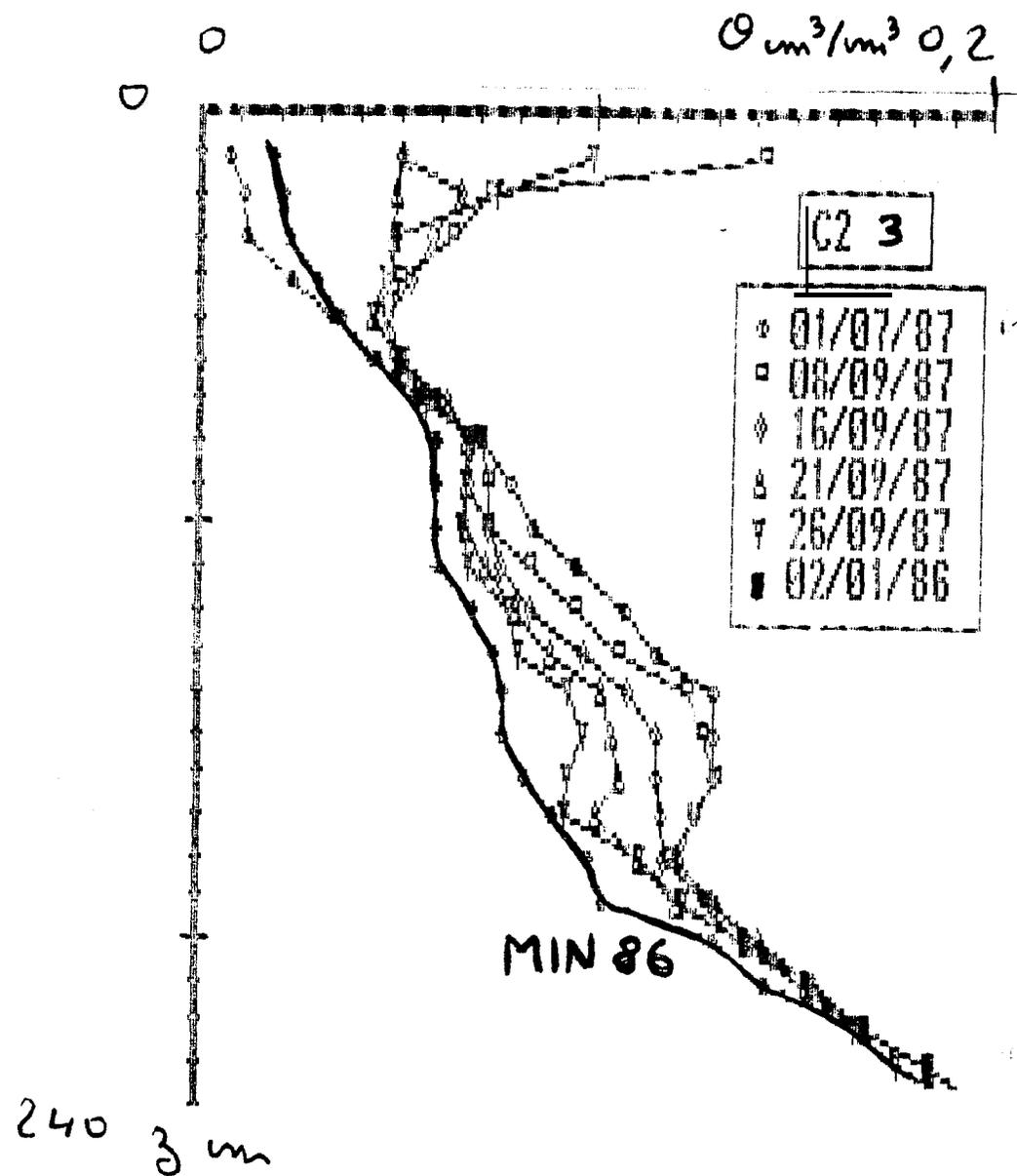
Compte tenu de notre objectif, nous nous intéresserons essentiellement aux sites des séries PSC et TPS. Pour la série ICC nous présenterons uniquement les valeurs d'ETR. Nous savons que pour cette série les résultats seront entachés d'une certaine incertitude.

Les détails des différents bilans hydriques ainsi que les profils hydriques les plus caractéristiques sont exposés en annexes. Sur ceux-ci nous avons reporté les profils des humidités maximales (notés MAX 86) et ceux des humidités minimales (notés MIN 86) observées les deux années précédentes.

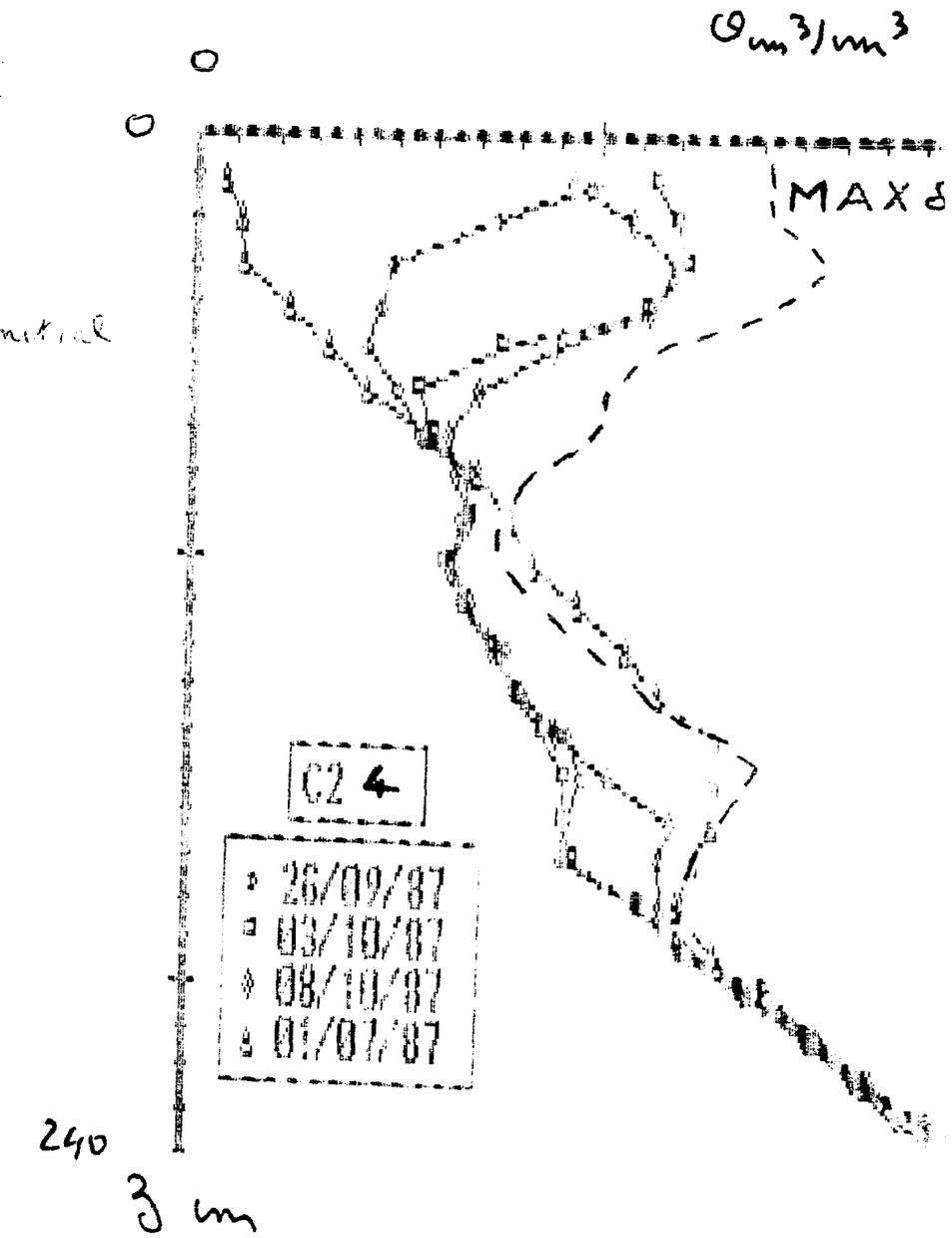
1) Evolution générale des profils

Comme nous l'avons dit en faisant nos hypothèses concernant l'absence de drainage,, les profils montrent que les fronts d'humectation n'ont pas dépassé 80 cm, et que les humidités maximales observées ont été plus faibles cette année que lors des années précédentes, Elles s'en rapprochent cependant à la fin de la troisième décade de Septembre qui a été la période la plus pluvieuse. On peut remarquer que les fronts les moins profonds ainsi que les variations d'humidités les moins importantes s'observent sur les sites 0, C3 et T2. Cela s'explique car ce sont les sites qui ont les teneurs en A + Lf les plus fortes en surface et sur tout leur profil : les conditions d'infiltration y sont donc les moins bonnes puisque nous savons que la conductivité hydraulique diminue lorsque le taux d'A + Lf augmente.

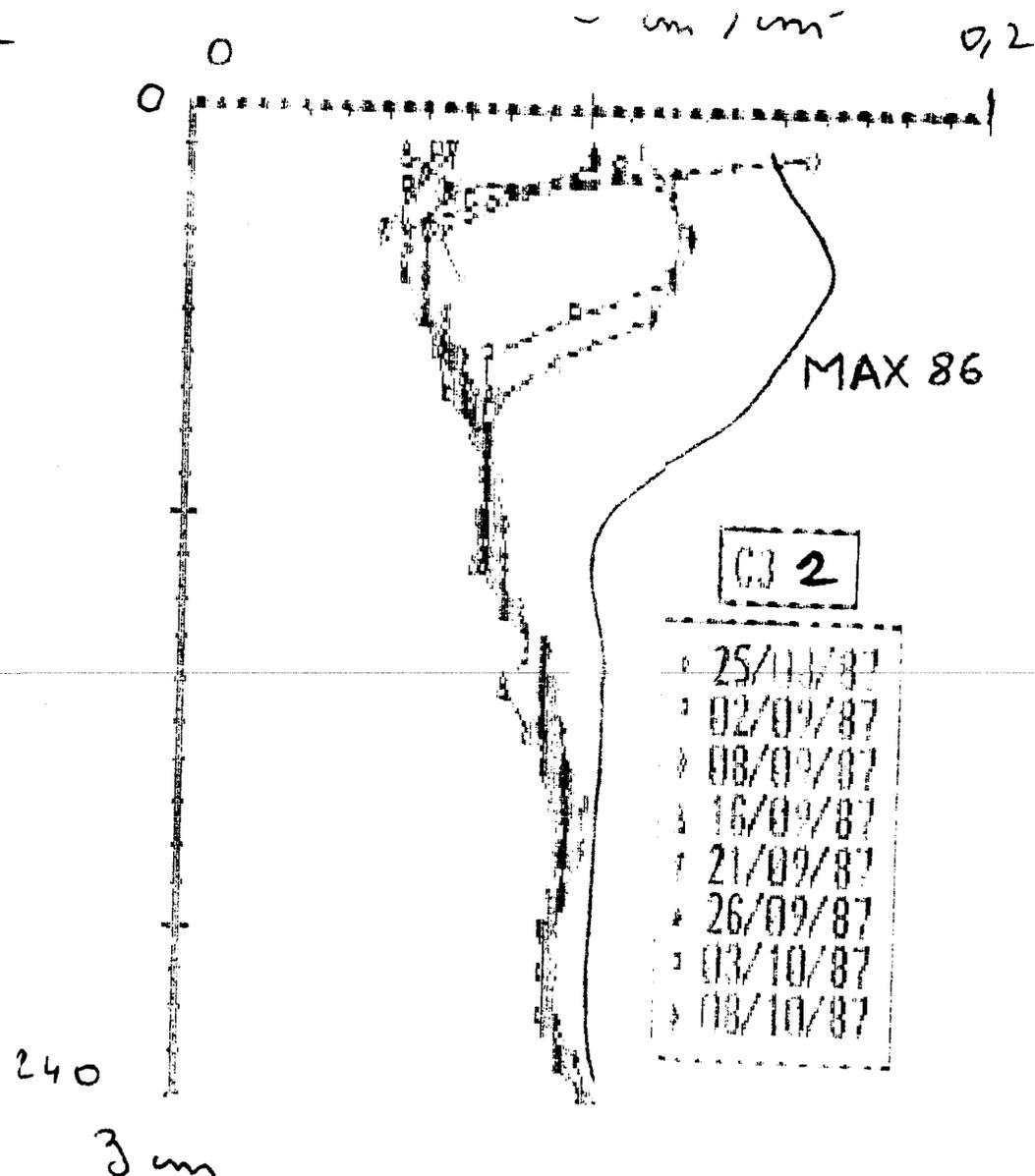
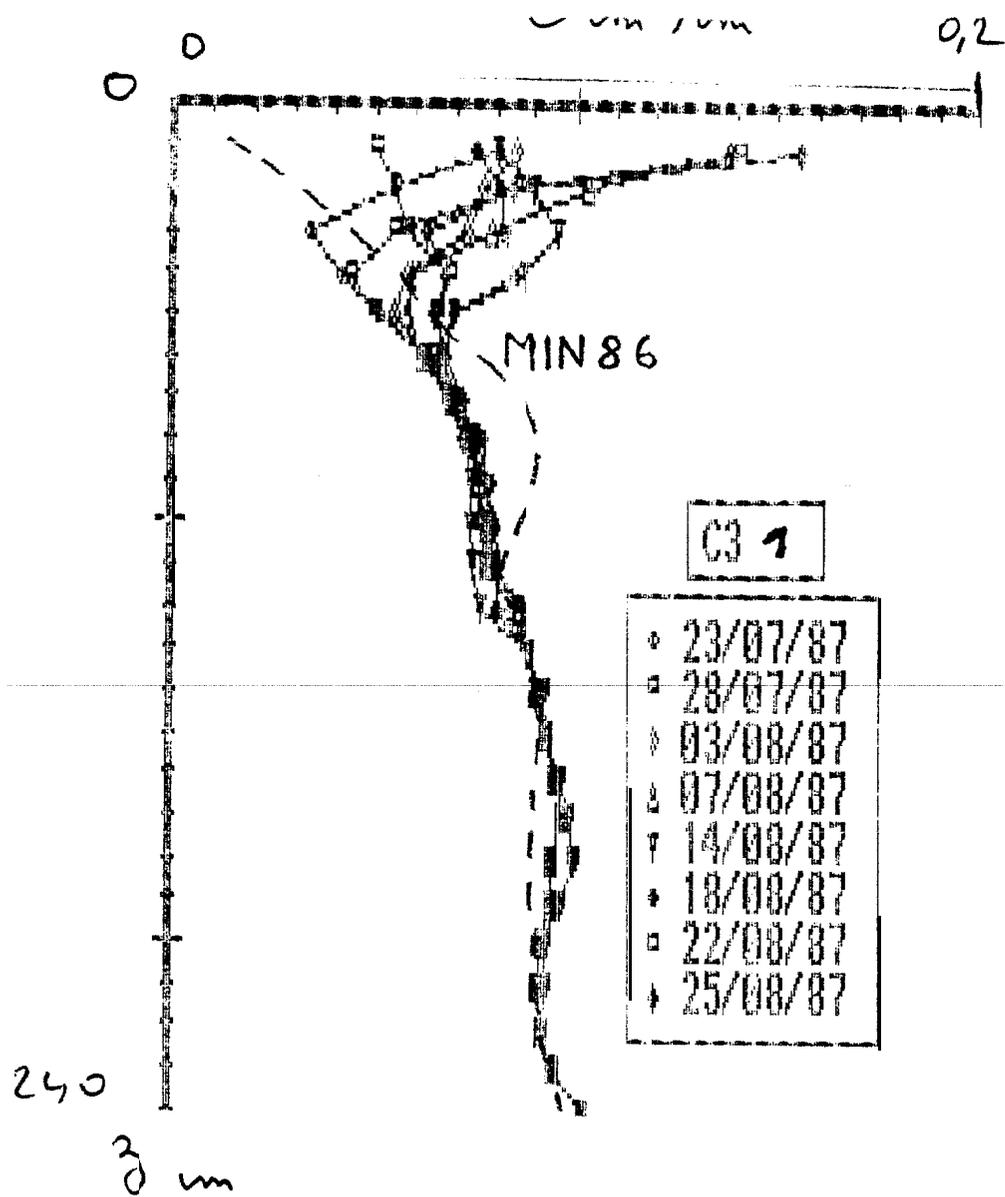
En début d'hivernage on observe une phase d'humectation. Ensuite les profils s'assèchent et pendant une grande partie de l'hivernage (du 22 Août au 26 Septembre) ils restent pratiquement constants ($4\% \leq \theta \leq 7\%$). Pendant cette période le mil passe successivement par les phases de montaison, épiaison et floraison qui sont les phases les plus consommatrices en eau de son cycle ($0,85 \leq kc \leq 1,1$) et il utilise totalement les nombreuses petites précipitations (≤ 20 mm). Lors du mois de Septembre on peut



initial



EVOLUTION PROFILES
C2 (SUITE)



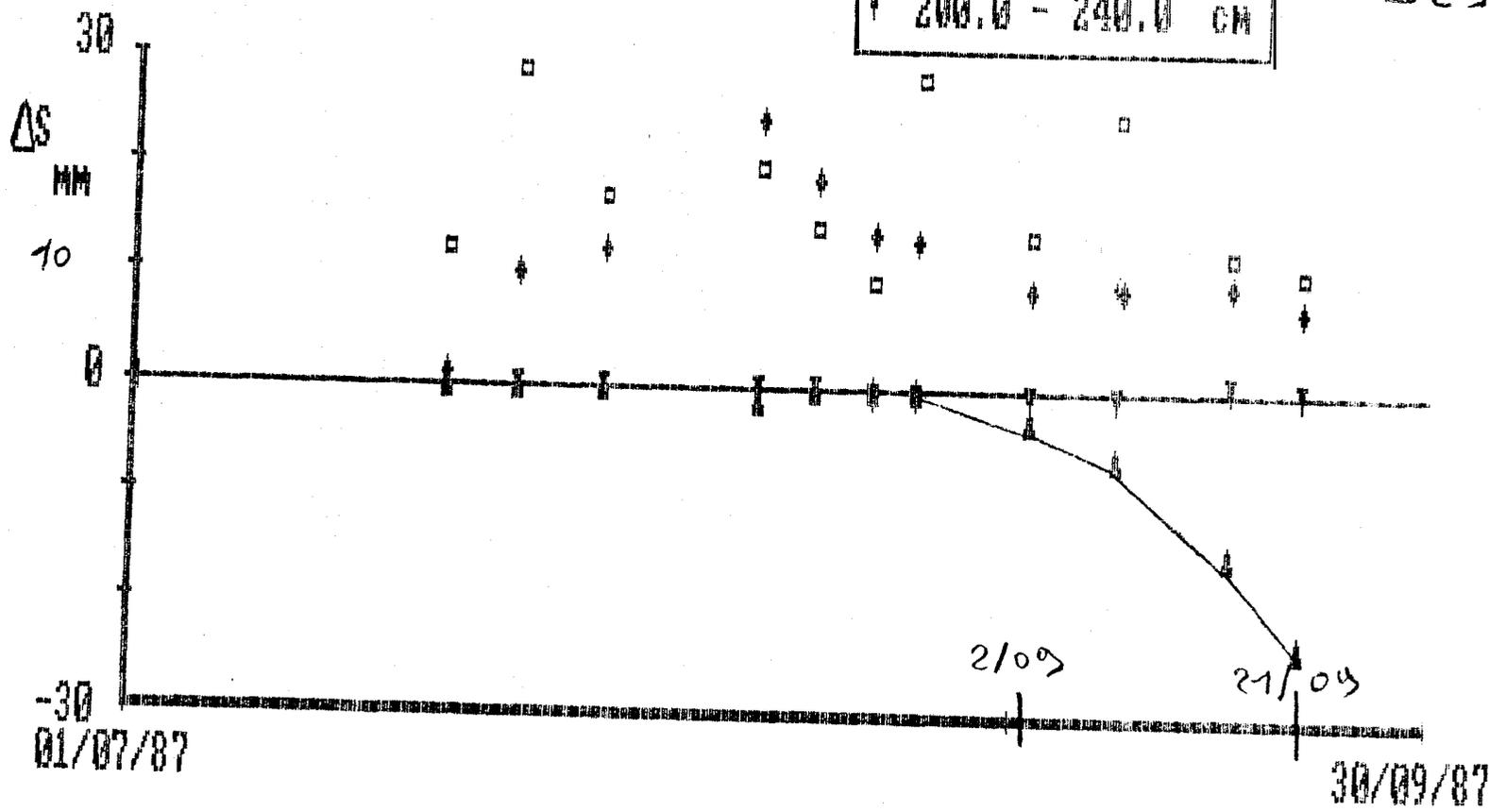
EVOLUTION PROFILES
C3

C2

C2

□	0.0 - 30.0	CM
+	30.0 - 90.0	CM
▲	90.0 - 200.0	CM
∇	200.0 - 240.0	CM

VARIATIONS
DES STOCKS
DES TRANCHES :
- 0-30 cm
- 30-90 cm
- 90-200 cm
- 200-240 cm



remarquer un assèchement de la tranche de sol 70 - 210 cm sur les sites C2, C1 et T3 : il traduit un fonctionnement racinaire important dans cette tranche de sol. Le front racinaire est donc descendu plus profondément que le front d'humectation, et les racines ont utilisé l'eau présente en profondeur ($S \gg 10$)

Le calcul des consommations hydriques nous montrera que cet assèchement a permis de bonnes ETR sur Les sites C2, C1 et T3 lors de la 2ème décade de Septembre. Par contre, On ne retrouve pas cet assèchement sur les sites C3, C4 et T2 et le mil y a subi un certain stress hydrique lors de cette même période.

Cela traduit sur ces sites :

- soit une absence de racines dans la tranche considérée.
- soit une inactivité des racines si elles existent dans cette tranche.

Faute d'observation directe, on ne peut trancher entre ces deux alternatives, mais nous pensons que la croissance racinaire a été stoppée à la base des fronts d'humectation (50 - 70 cm) à cause de forces de rétention hydrique trop importantes dues aux taux d'A + Lf qui sont très élevés dans la tranche 55-75 cm sur les sites T2, C1 et C3 : de l'ordre de 20 % contre 15 % sur les sites C2, T1 et T3.

L'assèchement des horizons profonds a pris fin début Octobre après le retour des pluies.

2) Etude du ruissellement :

Le tableau Xa rassemble les différentes valeurs des ruissellements survenus et le tableau Xb celles des coefficients de ruissellement qui leur correspondent. Pour chaque série les valeurs moyennes des totaux des ruissellements sont les suivantes :

- PSC = $35,4 \pm 10,2$ mm.
- TPS : $32,8 \pm 19,5$ mm.
- ICC : $39,1 \pm 15,7$ mm.

- Tableau Xa -

VALEUR DES RUISSELLEMENTS (mm)

Date	Pluie (mm)	SITES					
		PSC			TPS		
		C1	C2	C3	T1	T2	T3
27/07	26,0	12,6	4,9	16,8	11	13,8	8,9
3/08	16,3	6,8	9	10	6,8	9,8	6,4
8/08	24,5	2,9		6,1	0	9,6	0
24/08	14,0	0	0	0	0,2	2,2	
30/09	34,2	11,5	12,1	13,4	3,1	21,9	4,6
$\Sigma R(mm)$		33,8	26	46,3	20,9	55,3	22,1

- Tableau Xb -
Coefficients de Ruissellement

Date	Pluie (mm)	SITES					
		PSC			TPS		
		C1	C2	C3	T1	T2	T3
27/07	26,0	0,49	0,19	0,65	0,42	0,53	0,34
3/08	16,3	0,42	/	0,64	0,42	0,6	0,39
8/08	24,5	0,12		0,25	0	0,29	0
24/08	14,0	0	0	0	0	0	0,16
30/09	34,2	0,34	0,35	0,39	0,9	0,64	0,14

- Tableau XI -

RUISSELLEMENTS TOTAUX
ET
TAUX D'A+Lf

	C1	C2	C3	T1	T2	T3
R(mm)	33,8	26	46,3	20,9	55,3	22,1
% A+Lf	9,7	7,5	13,3	6	15,9	6,4

Il n'y a pas de différence entre les séries TPS et PSC : le compost ne modifie donc, pas les conditions d'infiltration. Les ruissellements sont, plus importants sur la série ICC car des pluies ont suivi certaines irrigations.

Si l'on examine les valeurs obtenues sur les différents sites des séries pluviales, on remarque que :

- les ruissellements ont des importances très différentes suivant les sites : ainsi par exemple, pour la pluie du 27 Juillet (26 mm), on a des coefficients de ruissellement qui vont de 19 à 65 %.
- on observe presque toujours la même hiérarchie entre les sites. Par ordre de ruissellements croissants on a :
 - . pour la série PSC : C2, C1, C3.
 - . pour la série TPS : T1, T3, T2.

Nous pouvons relier ces différences de comportements aux valeurs des taux d'A + Lf que l'on a en surface des sites (cf. Tableau Xi). Aux plus forts taux d'A + Lf correspondent les plus fortes valeurs de ruissellement. Cela s'explique, comme nous l'avons dit, par les différentes valeurs des conductivités hydrauliques.

Les coefficients de ruissellement que nous avons déterminés (de 0 à 65 % suivant les pluies) sont légèrement supérieurs à ceux que l'on admet pour le sol dek (≤ 40 %) mais inférieurs à ceux déterminés par Jouve (75 %) l'an dernier. Ils nous semblent donc acceptables.

Nous pouvons en conclure que l'on ne peut négliger les ruissellements en sol dek, et particulièrement en début de cycle.

Avant d'en venir à l'étude des consommations, nous devons rappeler que notre méthode d'évaluation du ruissellement sous-estime sans doute ceux-ci. Nous aurons donc vraisemblablement certaines valeurs d'ETP surestimées, en particulier celles des tubes C1, C3 et T2.

(mm/d)

SERIES PERIODES	PSC	T PS	ICC
23/07 - 28/07	2,3 ± 0	2,3 ± 0	2,3 ± 0
28/07 - 3/08	1,8 ± 0,3	1,7 ± 0,1	2,5 ± 0
3/08 - 7/08	2,8 ± 0	2,8 ± 0	2,8 ± 0
7/08 - 14/08	3,4 ± 0	3,1 ± 0,3	3,4 ± 0
14/08 - 18/08	1,2 ± 1,2	0,4 ± 0,4	3,7 ± 0,6
18/08 - 22/08	2,8 ± 0,2	1,7 ± 0,3	4,3 ± 0,5
22/08 - 25/08	3,3 ± 0,6	3,9 ± 0,1	3,9 ± 0
25/08 - 2/09	4,9 ± 0,5	4,9 ± 0,3	5,3 ± 0
2/09 - 8/09	5,4 ± 0,5	5,7 ± 0,8	6,2 ± 0
8/09 - 16/09	4,5 ± 0,5	4,8 ± 0,2	5,6 ± 0,1
16/09 - 21/09	2,1 ± 1,5	2,0 ± 0,1	5,0 ± 0,3
21/09 - 26/09	1,9 ± 1,1	2,5 ± 1,5	4,7 ± 0,7
26/09 - 3/10	4,2 ± 0	4,2 ± 0	4,1 ± 0,2
3/10 - 8/10	1,5 ± 0,4	2,5 ± 0,2	3,2 ± 0,1
8/10 - 20/10	2,7 ± 0,6	2,7 ± 0,5	3,9 ± 0,1

3) Etude des consommations hydriques :

Elles sont présentées dans les tableaux XIII et XIV.

a) Analyse globale :

Les consommations en eau des cultures ont été bonnes : pour une ETM de 404,2 mm on a des ETR de :

- série PSC : 314,9 mm \pm 12,9 mm. La satisfaction des besoins en eau est de 77,9 % pour l'hivernage.
- série TPS : 314,6 \pm 11,8 mm. La satisfaction est de 77,8 %.
- série ICC : 364,9 \pm 11,6 mm. La satisfaction est de 90 %.

Les consommations totales des séries pluviales sont les mêmes. C'était déjà le cas lors des deux hivernages précédents. Sur ces séries la pluviométrie a été bien utilisée puisque les ETR représentent 90,5 % des ressources pluviales (347,6 mm).

L'irrigation de complément (84 mm) a été bien valorisée : elle a porté la satisfaction des besoins en eau de la série ICC à 90 %.

b) Evolution des consommations

Sur les séries pluviales les consommations en eau suivent bien l'évolution de la pluviométrie : elles chutent lors des trois périodes de sécheresse. Seule la seconde période de sécheresse a pu être réellement préjudiciable au mil car il était alors dans la seule phase de son cycle véritablement sensible au stress hydrique, la floraison (d'après Dancette).

Au cours de cette période les plantes se sont comportées de différentes manières suivant les sites ; ainsi les taux de satisfaction en eau varient de 13,2 % (site C1) à 54,9 % (site C2) sur la série PSC et de 15 % (site T2) à 67,7 % (site T3) sur la série TPS, du 21/09 au 26/09.

Mous avons expliqué lors de l'étude des profils hydriques que ces différences étaient dues à des développements racinaires différents suivant les sites.

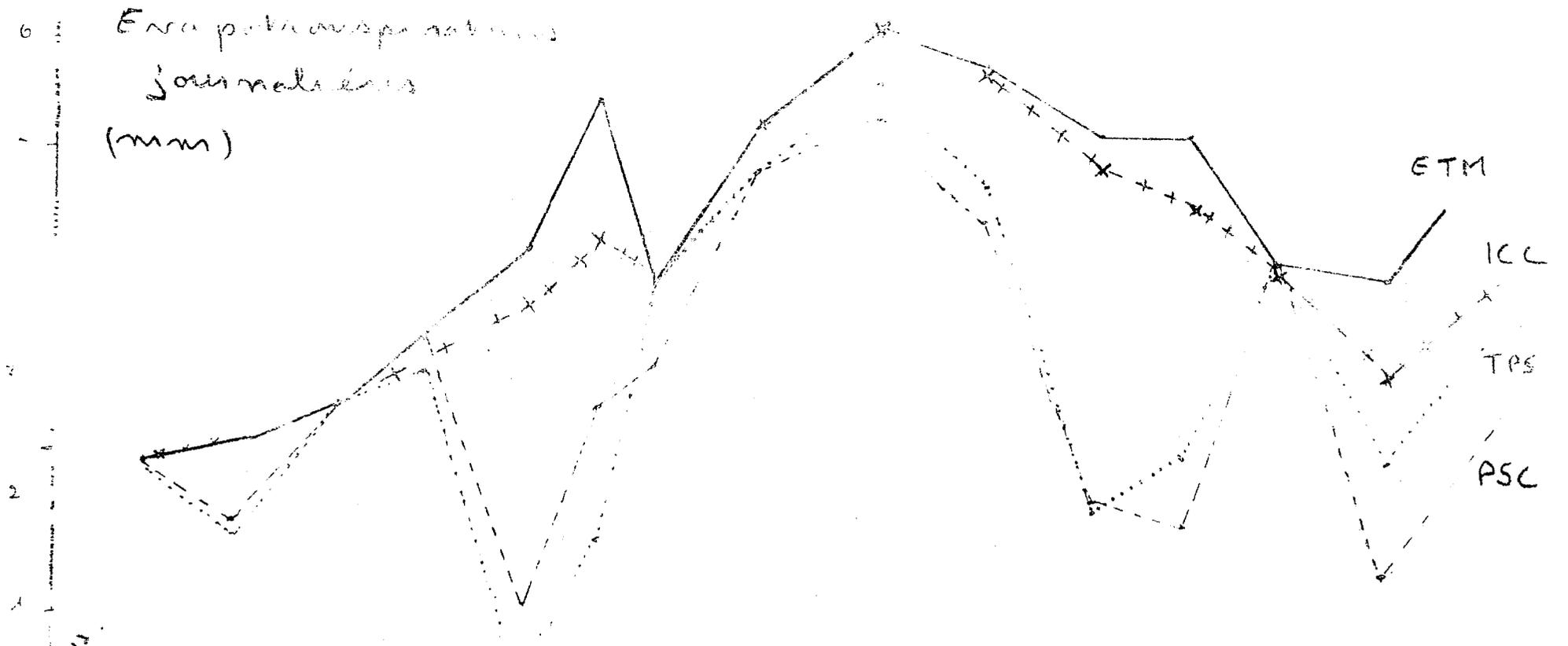
CONSOMMATIONS HYDRIQUES

JOURNALIERES PAR SITES

(mm / j)

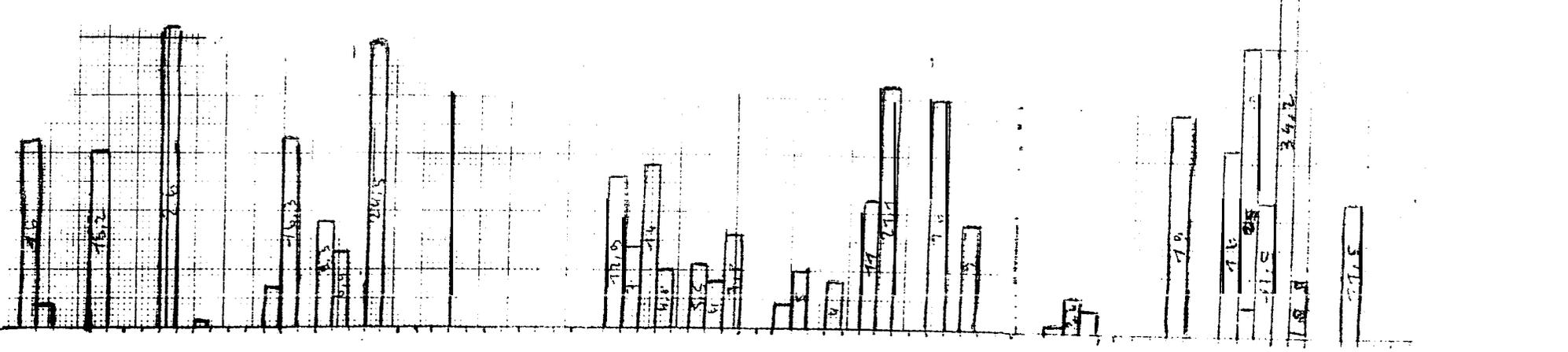
PERIODES \ SITES	C1	C2	C3	T1	T2	T3
23/07-28/07	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
28/07-3/08	2	2,1	1,4	1,6	1,8	1,7
3/08-7/08	2,8		2,8	2,8	2,8	2,8
7/08-14/08	3,4	3,2	3,4	2,8	3,4	3,2
14/08-18/08	1,2	2,3	0	0,8	0,6	0
18/08-22/08	3	2,6	2,7	1,3	1,5	1,8
22/08-25/08	2,8	3,1	3,8	3,8	3,5	3,5
25/08-2/09	4,3	5,2	5,2	5,1	4,6	4,5
2/09-8/09	5,7	5,8	4,8	6,1	4,5	6,2
8/09-16/09	4,5	5	3,5	4,3	4,2	4,6
16/09-21/09	1,5	3,7	0,7	2,1	1,5	1,5
21/09-26/09	0,7	2,5	1,5	3,2	0,8	3,6
26/09-3/10	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
3/10-8/10	1,5	1	1,5	2,7	2,3	2,6
8/10-20/10	2,3	2,4	3,5	3,3	2,3	2,6

Evapotranspiration
journalière
(mm)



Pluviométrie mm

Dates



VARIATION DES STOCKS (mm)

DU 14/08 AU 22/08

Sites Variation des Stock	C1	C2	C3	PSC	T1	T2	T3	TPS
ΔS_{0-10}	-2,9	-3,7	-3	$-3,2 \pm 0,4$	-3,7	-2,6	-2,3	$-2,9 \pm 0,7$
ΔS_{10-20}	-3,2	-4	-3,2	$-3,5 \pm 0,5$	-1,5	-3	-0,5	$-1,7 \pm 1,3$
ΔS_{20-22}	-11,9	-12	-4,5	$-9,5 \pm 4,3$	-3,1	-4,3	-4,5	$-4,0 \pm 0,8$
ΔS_{0-200}	-17	-19,7	-10,7	$-15,8 \pm 4,6$	-8,3	-9,9	-7,3	$-8,5 \pm 1,3$

- Tableau XIV b -

VARIATION DES STOCKS (mm)

DU 3/10 AU 8/10

Sites Variation de Stock	C1	C2	C3	PSC	T1	T2	T3	TPS
ΔS_{0-10}	-0,1	-1,1	-1,3	$-0,9 \pm 0,6$	-1,4	-2,3	-2,6	$-2,1 \pm 0,6$
ΔS_{10-20}	-0,9	-3,0	0,0	$-1,3 \pm 1,5$	-0,9	-0,8	-0,9	$-0,9 \pm 0,1$
ΔS_{20-35}	+0,1	-0,4	+0,3	$0 \pm 0,4$	-2,2	+0,5	-1,4	$-1,0 \pm 1,4$
ΔS_{35-70}	+3,5	+3,1	+2,1	$+2,9 \pm 0,7$	+2,2	+1,1	+1,3	$+1,5 \pm 0,6$
ΔS_{70-200}	-0,7	+7,7	+0,8	$+2,6 \pm 4,5$	+0,3	-0,7	+2,0	$+0,5 \pm 1,4$
ΔS_{0-200}	+1,9	+6,3	+3,9	$+4,0 \pm 2,2$	-2,0	-2,2	-1,6	$-1,9 \pm 0,3$

Nous notons qu'il n'y a pas de différence entre les deux séries* au cours de cette période et que la bonne ETR observée sur le site 32 montre que les apports de compost n'entraînent pas en profondeur, un sous-développement racinaire préjudiciable à la plante. Lors des périodes sèches l'irrigation a permis de bonnes ETR : sur la série ICC les taux de satisfaction en eau ne descendent jamais en dessous de 70 .

On peut remarquer que les séries PSC et TPS ont eu des consommations différentes au cours de deux périodes : du 14 au 22 Juillet et du 3 au 10 Octobre.

Pour tenter d'expliquer ces différences, nous avons étudié, pour ces deux périodes, les variations des stocks de différents horizons et en particulier de celui de l'horizon de surface qui reçoit le compost (cf. Tableau XIV).

a. Période allant du 14 au 22 Juillet : elle correspond à la première période de sécheresse. Les ETR journalières y sont les suivantes : 2 mm en PSC et 1,1 mm en TPS.

Au cours de cette période le comportement de l'horizon de surface ne montre pas de différence entre les séries PSC et TPS. Par contre, les variations des stocks des autres horizons sont plus importantes sur la série PSC : on peut donc attribuer la différence d'ETR à un meilleur fonctionnement racinaire en présence de compost. On ne peut rien conclure au sujet d'une action directe du compost sur l'eau.

b. Période allant du 3 au 8 Octobre : elle fait suite à une période très pluvieuse. Les ETR journalières sont : 1,5 mm en PSC et 2,5 mm en TPS.

Il y a une forte hétérogénéité des comportements des horizons. On peut simplement dire que l'utilisation des stocks est globalement meilleure sur la série TPS. On remarque cependant une moindre variation du stock de l'horizon de surface sur la série PSC : elle ne peut expliquer la différence de consommation constatée entre les deux séries, mais elle semble indiquer une certaine rétention de l'eau par le compost. On ne peut cependant pas véritablement conclure puisque nous n'avons pas de mesures après le 8 Octobre.

* pluviales

c. Conclusion :

Il n'y a pas véritablement d'explications concordantes pour les différences de consommation observées pendant ces deux périodes entre les deux séries pluviales. Les variations des stocks ne nous permettent pas de relier les ETR à une action du compost sur l'eau.

Par contre les meilleures ETR observées sur la série PSC au cours de la première période de sécheresse nous indiquent qu'au cours de cette période de stress le fonctionnement racinaire a été meilleur en présence de compost.

III - CONCLUSION

Le suivi hydrique effectué cette année nous indique que les modifications des systèmes racinaires entraînées par le compost n'ont pas été préjudiciables à la plante. Au contraire, lors d'une Période de sécheresse nous avons pu observer un meilleur fonctionnement racinaire en présence de compost.

Cependant une période montrant le phénomène inverse a été observée, et, comme lors des deux hivernages précédents, les consommations hydriques des séries pluviales ont été équivalentes.

On peut en conclure que les effets du compost sur les caractéristiques hydriques du sol (rétention) et sur les caractéristiques des systèmes racinaires sont trop peu importants en soi pour intervenir d'une manière notable sur l'alimentation hydrique des plantes au cours de leur cycle. Les travaux de Jouve ont cependant montrés qu'ils pouvaient modifier les ETR en tout début de cycle lorsque une sécheresse suit la pluie de semis et alors que l'enracinement ne concerne que l'horizon C-20 cm. Mais il est difficile pour cette période de faire la part de l'évaporation et celle de la consommation de la Plante.

Ces remarques nous amènent à penser que d'un point de vue pratique, une étude de l'influence du compost sur les caractéristiques hydriques du sol ne serait pas très utile.

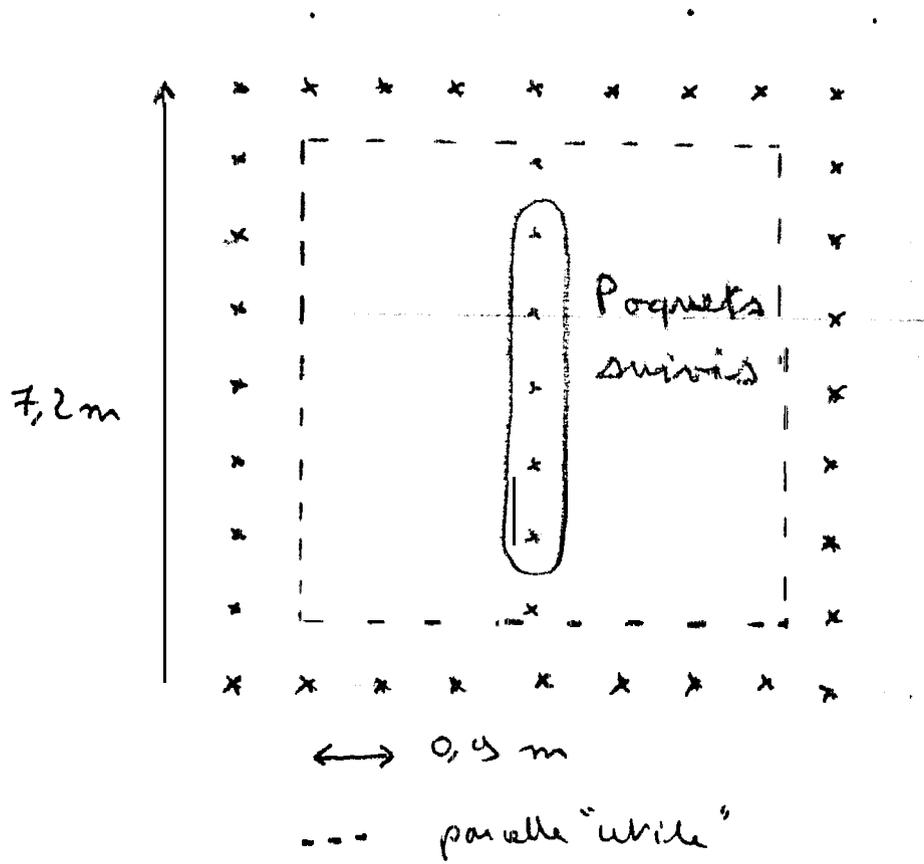
L'examen des profils hydriques nous a permis par ailleurs de souligner l'importance du rôle joué par le taux d'A + Lf. Il explique le fonctionnement hydrique du sol -de nombreux travaux effectués dans la région ont bien établi cela - et il agit aussi sur la croissance racinaire par l'intermédiaire des forces de rétention hydrique qu'il conditionne.

Compte tenu de la variabilité spatiale forte du taux A + Lf à la sole C, on peut se demander si les effets du compost ne sont pas parfois masqués par les différents comportements hydriques des sites.

Enfin on notera que l'irrigation de complément a permis de satisfaire correctement les besoins en eau, en particulier pendant la phase de floraison.

Cela devrait normalement permettre de meilleurs rendements sur la série ICC.

Parcelle élémentaire



D - SUIVI PHENOLOGIQUE DU MIL

La comparaison des résultats des trois séries nous permettra d'étudier les effets du compost et de l'irrigation de complément. Malheureusement, nous ne disposons pas encore des valeurs des rendements : nous ne pourrions donc pas conclure d'une manière satisfaisante.

1 - METHODOLOGIES EMPLOYEES

Sur chaque parcelle élémentaire des trois séries nous avons suivi hebdomadairement la croissance et le développement des cinq poquets centraux de la ligne médiane (cf. ci-contre) Nous avons effectué les observations suivantes :

- Croissance linéaire : pour chaque poquet nous avons mesuré la hauteur de la plus haute talle. A partir de l'épiaison on a pris en compte uniquement les tiges en arrêtant les mesures à la base des épis.
- Tallage : nous avons compté le nombre total de talles formées sur chaque poquet.
- Développement reproducteur : à partir de l'épiaison les talles qui se trouvaient dans les différentes phases reproductrice; (épiaison, floraison et formation des grains) ont été comptés.

Nous avons arrêté le suivi à la fin du mois de septembre pour des raisons de main d'oeuvre.

Entre les deux dernières mesures des vents violents ont occasionné une verse importante. Malheureusement, cette verse a surtout affecté la série PSC car celle-ci se trouvait la plus exposée par rapport à la direction du vent. L'hétérogénéité de cette verse rend délicate l'interprétation des dernières mesures. Elle posera un problème lors de l'analyse des rendements.

Nous comparerons les différentes séries deux à deux par des tests de Student portant sur les résultats de toutes leurs parcelles.

Tableau XV

ANALYSE STATISTIQUE DES HAUTEURS MAXIMALES DES TIGES

TEST DE STUDENT

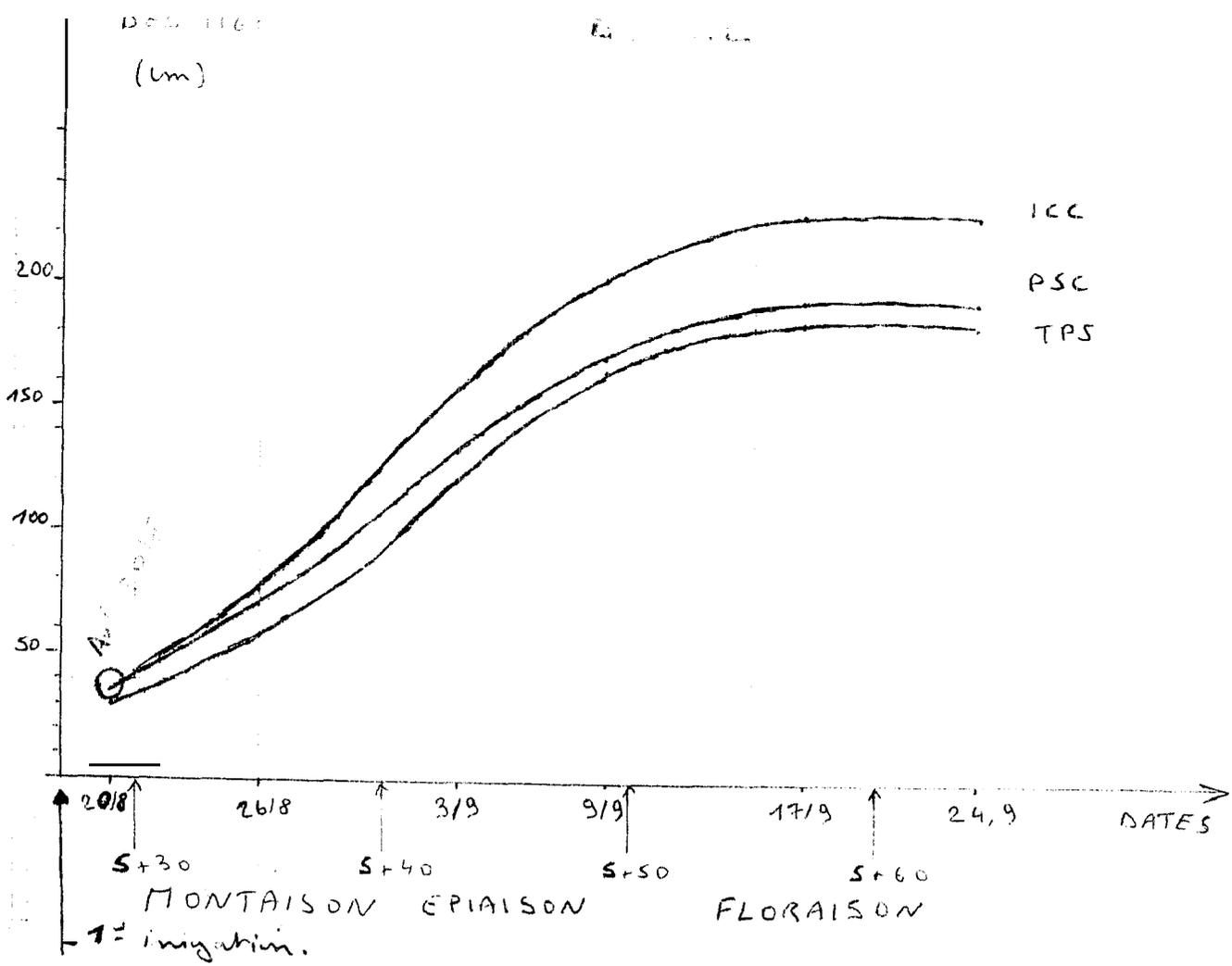
- $n_1 = n_2 = 20 \Rightarrow d.d.f = 38$
- à 1%. $t_{théorique} = 2,71$

COMPARAISON PSC / TPS

- hauteur PSC : $X_1 = 195,25 \pm 10,64$
- " TPS : $X_2 = 184,95 \pm 12,52$
- $t_{calculé} = 2,8 > t_{1\%}$

COMPARAISON PSC / ICC

- hauteur ICC : $X_3 = 229,6 \pm 12,0$
- $t_{calculé} = 9,6 > t_{1\%}$



II - RESULTATS

1) Développement végétatif :

a) Croissance linéaire :

Les courbes de croissance linéaire indiquent :

- une légère supériorité du traitement compost par rapport au traitement témoin. Cette différence apparaît tôt dans le cycle et se maintient constante.
- un effet important de l'irrigation de complément. Il apparaît au stade montaison à la suite des premières irrigations.

Les croissances linéaires s'arrêtent à la même époque sur les trois séries .

L'analyse statistique des hauteurs maximales montre que les différences sont significatives au seuil de 1 % entre les séries (cf. Tableau XV). Il y a donc un effet compost et un effet irrigation sur la croissance linéaire du mil.

b) Tallage (cf. Tableau XVI) :

Deux critères sont intéressants à analyser :

- Le nombre maximal de talles produites: il traduit le bon développement végétatif de la plante pendant la première moitié de son cycle.
- Le nombre final de talles présentes à la récolte : il conditionne le rendement en matière sèche. Nous ne l'avons pas directement mais nous l'estimerons par le nombre de talles présentes lors de notre dernière observation.

Nous supposons donc en faisant cela qu'il n'y aura pas d'évolutions différentes des nombres de talles suivant les séries pendant le dernier mois.

Pour le nombre maximal de talles apparues par poquet on

Tableau XVI

Évolutions des nombres de talles
par parcelles

DATES	SERIES		
	TPS	PSC	ICC
2018	18,9	23,4	24,6
26	19,6	20,9	24,5
3	17,5	18,1	20,9
9	16,9	16,7	18,9
17	14,7	15,2	15,6
24	6,5	5,2	8,8

Tableau XVII

ANALYSE STATISTIQUE DES NOMBRES
MAXIMUM DE TALLES

TEST DE STUDENT

- $n_1 = n_2 = 20 \Rightarrow d.d.l = 38$
- $\alpha 1\%$. $t_{theorique} = 2,71$
- $\alpha 10\%$. $t_{theorique} = 1,69$

COMPARAISON PSC / TPS

- n° talles PSC = $23,42 \pm 2$
- n° talles TPS = $19,64 \pm 2,64$
- $t_{calculer} = 5,15 > t_{1\%}$.

COMPARAISON PSC / ICC

- n° talles PSC = $23,42 \pm 2$
- n° talles ICC = $24,64 \pm 2,2$
- $t_{calculer} = 1,86 > t_{10\%}$.

retrouve la même hiérarchie que pour la croissance linéaire : ICC > PSC > TPS.

- La différence est significative au seuil de 1% entre les séries PSC et TPS. On remarque de plus que le nombre maximal de talles est atteint plus tôt sur la série PSC. Il y a donc un effet positif du compost lors de la phase active de tallage.
- La différence est significative à 10% entre les séries PSC et ICC. L'effet de l'irrigation est donc moins marqué.

Les nombres de talles présentes lors de notre dernière observation nous montrent une hiérarchie différente :

ICC > TPS > PSC.

Cela est sans doute dû à la verse. En effet, si l'on examine les évolutions du nombre de talles on peut remarquer qu'avant la verse le traitement compost était supérieur au traitement témoin. On peut penser que sans cette verse on aurait une supériorité du traitement compost.

Les rendements en matière sèche seront donc sans doute beaucoup plus importants sur la série ICC que sur les autres séries, et, malheureusement, ceux de la série PSC ne permettront pas de juger réellement de l'effet du compost.

2) Développement reproducteur :

a) Déroulement général :

L'examen des nombres totaux de talles dans les différentes phases reproductrices montre que ces phases apparaissent simultanément sur les trois séries. On note cependant un ralentissement du développement reproducteur sur la série PSC au début de la phase de formation des grains :

DEVELOPPEMENT

REPRODUCTEUR DU MIL :

EVOLUTIONS DES NOMBRES DE TALLES FERTILES

% talles fertiles = n^{bre} talles fertiles / n^{bre} total de talles.

% talles épiaison = n^{bre} talles en épiaison / n^{bre} talles fertiles

% talles floraison = n^{bre} talles en floraison / n^{bre} talles fertiles

% talles f. grains = n^{bre} talles en formation de grains / n^{bre} talles fertiles

SERIE	DATES	% talles fertiles	% talles épiaison	% talles floraison	% talles f. grains
TAS	3/09	2,6	100	0	0
	9/09	15,7	88,7	11,3	0
	17/09	29	24,1	70,7	5,2
	24/09	67,7	9,4	18	72,6

SERIE PSC	3/09	2,3	100	0	0
	9/09	16,3	87,2	12,8	0
	17/09	30,1	20,1	76,9	3
	24/09	84,4	18,4	25,1	56,5

SERIE ICC	3/09	2,4	100	0	0
	9/09	20,4	92,7	7,3	0
	17/09	35,3	17,2	79,2	3,6
	24/09	67,7	7,9	4,6	87,5

au 24 Septembre, sur cette série, les pourcentages des talles en épiaison et en floraison sont les plus élevés des trois séries et celui des talles en formation de grains le plus faible.

Le suivi hydrique ne nous permet pas d'expliquer ce phénomène par une alimentation hydrique insuffisante puisqu'au contraire les NTP ont été supérieures pour la série PSC sur la période précédente.

Nous pouvons faire enfin une remarque intéressante : le nombre total de talles fertiles présentes le 24 Septembre sur la série PSC nous indique que la verse a surtout affecté les talles non reproductrices : 84,4 % des talles présentes à cette date sont des talles fertiles alors *que ce* taux n'est que de 61,7% sur les deux autres séries. Cela s'explique par le fait que les talles reproductrices sont en général au centre des poquets. Les rendements en grains de La série PSC ne seront donc pas véritablement faussés par cette verse.

b) Essai de prédiction des rendements :

Au 24 Septembre les nombres de talles fertiles et les nombres de talles en formation de grains nous permettent de penser que la série ICC aura les meilleurs rendements. Par contre on ne peut rien dire en ce qui concerne la comparaison des séries TPS et PSC : le nombre total des talles fertiles est supérieur sur la série PSC mais comme nous l'avons dit, cette série montre un certain retard et nous ne pouvons prévoir son évolution future.

III - CONCLUSION

Le compost agit donc très positivement sur le développement végétatif du mil ; la croissance et le tallage sont meilleurs en sa présence. Notre étude ne nous a pas permis, par contre, de conclure sur ce qui concerne l'action du compost sur le développement reproducteur.

La non connaissance des rendements ne nous permet pas de conclure d'une manière satisfaisante. On peut cependant penser qu'ils montreront la même hiérarchie que lors des années précédentes :
ICC > PSC > TPS.

CONCLUSION

Nous n'avons pas pu réaliser d'une manière satisfaisante tous nos objectifs de départ et finalement notre étude des effets des apports de compost au sol doit être assez incomplète. Elle nous a cependant permis d'établir les points suivants :

- le compost agit favorablement au cours du premier mois de végétation sur la formation des racines adventives;
- le compost modifie le développement du système racinaire : à mi-cycle la colonisation de l' horizon de surface est meilleure en présence de compost et celle des horizons sous-jacents (10-50 cm) moins bonne. Nous pensons pouvoir dire que l' effet du compost sur la structure du sol explique en grande partie cela.

Elle permet également de confirmer les résultats obtenus antérieurement sur la soie C :

- meilleur développement végétatif et reproducteur en présence de compost;
- pas d'influence* du compost sur les paramètres du bilan hydrique; nous avons cependant souligné que le comportement hydrique du sol était largement expliqué par les taux d' A+Lf et que la variabilité spatiale forte de ceux-ci introduisait une hétérogénéité qui pouvait masquer un effet éventuel du compost.

Sur la soie J, l'effet du compost sur le développement racinaire n'est donc pas assez conséquent pour modifier en bien ou en mal l'alimentation hydrique des cultures. Il semble par conséquent que les meilleurs développements végétatif et reproducteur qu'il entraîne doivent être attribués à de meilleures alimentations minérales et organiques. L'amélioration de l'enracinement dans l'horizon de surface et les apports minéraux et organiques du compost en sont sans doute la cause. Les résultats des analyses chimiques effectuées nous permettront d'évaluer l'importance des apports organiques et minéraux du compost.

Afin de préciser quels sont les autres effets du compost qui prédominent et quelles en sont leurs conséquences réelles sur le développement des systèmes racinaires, nous conseillerons d'effectuer l'an prochain un suivi racinaire et des mesures de densité.

* notable

Nous avons précisé dans nos différentes conclusions les modalités de ces études qui nous paraissent les plus adaptées.

Les résultats obtenus en sol dek par des apports de compost sont moins spectaculaires que ceux qui ont été précédemment observés sur sol dior par des apports de fumier qui augmentaient suffisamment l'enracinement des cultures pour modifier de manière très sensible l'alimentation hydrique.

La nature compacte des sols dek explique sans doute que l'apport de compost n'ait pas de conséquences aussi grandes, même si l'on peut supposer, pour l'expérience en sol dior, un effet fertilisant supérieur du fumier.

Les avantages du module "Transpaille" auraient été démontrés d'une façon plus spectaculaire en sol dior. Tels qu'ils apparaissent en sol dek, ils sont cependant très significatifs puisqu'ils permettent :

- une amélioration des rendements en pluvial;
- une sécurisation des rendements par l'irrigation de complément;
- la possibilité de faire des cultures de contre-saison grâce à l'irrigation.

X X

X

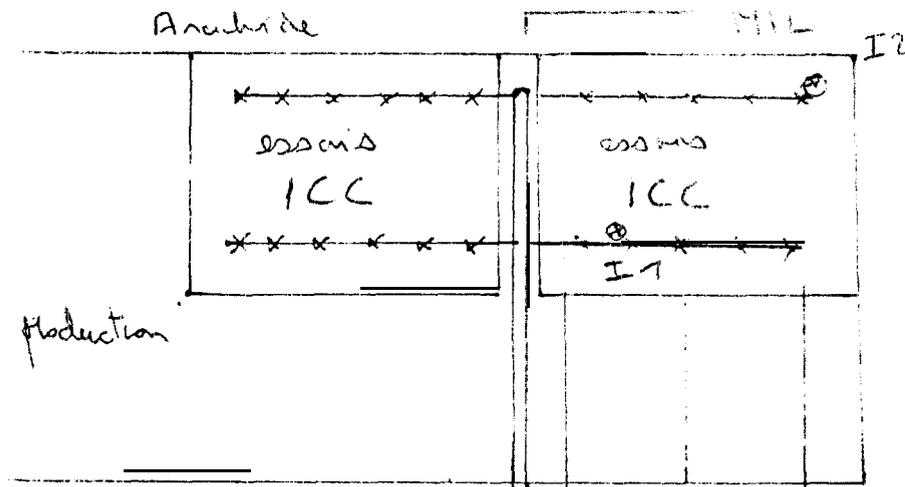
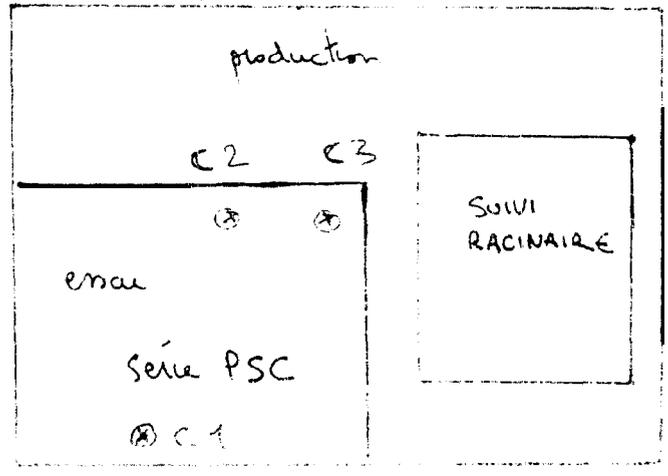
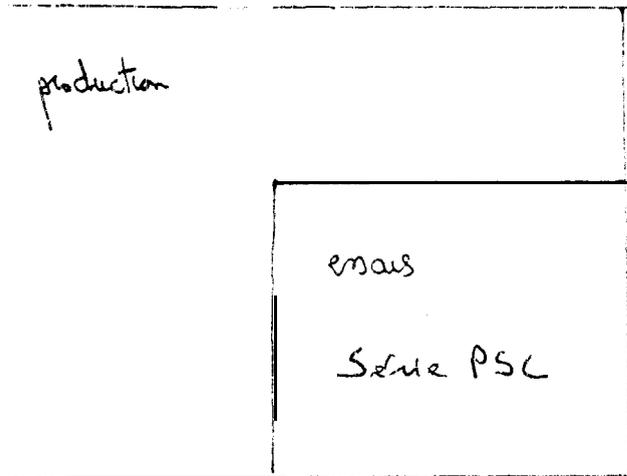
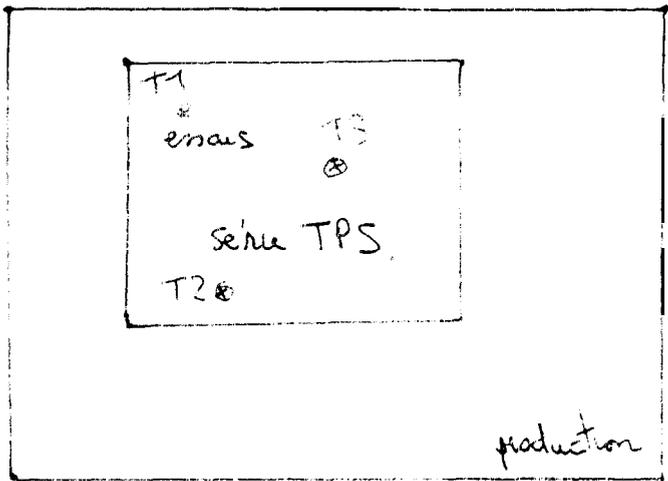
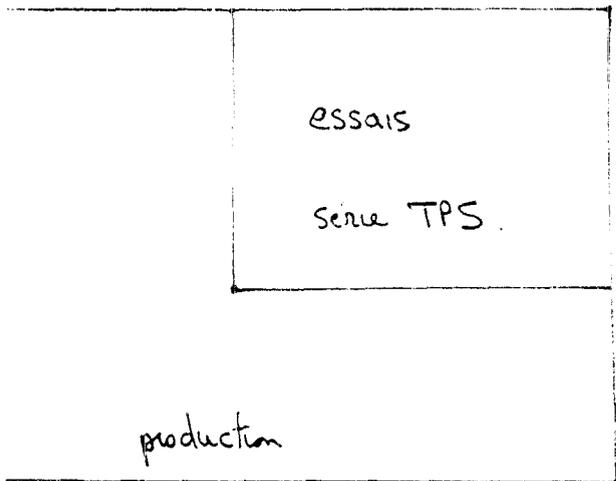
BIBLIOGRAPHIE

- ALLISON. 1973 : "Organic matter in soil" in Soil Science! Vol N°3.
 - BOHM W. 1976 : "In situ estimation of root length at natural soil profiles". S. Agric. Sci., Camb. (1976), 87, 365-368
 - BONFILS P., FAURE J. 1956 : "Etudes comparatives des sols du CRA Bambey : Les sols de la région de Thies". Annales du CRA Bambey, 1956.
 - CISSE L. 1986 : "Etudes des effets d'apport;; de matières organiques sur les bilans hydriques et minéraux et la production du mil et de l'arachide sur un sol sableux dégradé du Centre-No-rd du Sénégal". Thèse.
 - CISSE L., IMBERNON J., DANCETTE c., 1984 : "Bilans hydriques et minéraux sous Culture d'arachide et de mil à l'échelle de l'ha".
 - CHOPART J.L. 1980 : "Etude au champ des systèmes racinaires des principales cultures' pluviales au Sénégal" Thèse.
 - COUCHAT P. 1971 : "Aspects méthodologiques et technologiques de la mesure neutronique de l'humidité des sols". Ann. Agrono. (77) Vol 28, n° 5.
 - DANCETTE C. 1971 : "Co/ntrôle avec l'humidimètre à neutrons de l'alimentation hydrique d'une culture de mil Souna pendant deux hivernages très différents". Agro. Tropic. 26 (6-7), 721-735.
 - DANCETTE C. : "Besoins en eau du mil au Sénégal". Adaptation en zone semi-aride tropicale. Agro. Tropic. 38 (4), 267-280.
-

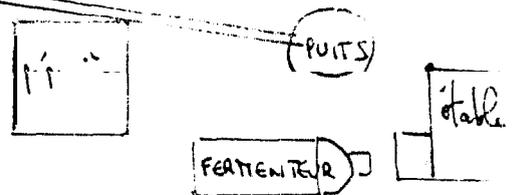
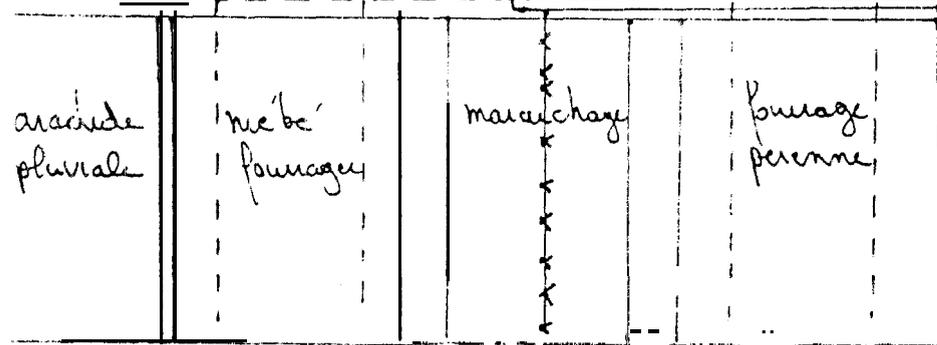
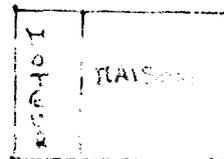
- FARINE? J.L., SARR P.L., BOCQUIEN C.Y. : "Production continue de biogaz pour la petite motorisation rurale. Présentation et durées de fonctionnement". Vol. 1, II, III, IV. IRAT-ISRA.
- GARDON J., FELLER C. 1977: "Effet de la fertilisation azotée (urée) et de l'amendement organique (compost) sur la productivité du sol et la stabilisation de la matière organique en monoculture du mil dans les conditions des zones tropicales semi-arides". Communication au Séminaire régional sur le recyclage organique en agriculture, BOUEA (Cameroun), 5-14 Dec. 1977.
- HAMDI H. : "Caractérisation hydrodynamique in situ de deux sols de culture de ? a région Centre-Nord du Sénégal". ISRA.
- HENIN J. 1958 : "Le profil cultural".
- IMBERNON J. : "Variabilité spatiale des caractéristiques hydrodynamiques d'un sol. du Sénégal. Application du calcul d'un bilan sous culture". Thèse de docteur-ingénieur. Grenoble I.M.G.
- JOUVE 1986 : "Suivi d'hivernage dans le cadre d'une unité de production de compost-biogaz : essai de caractérisation de l'effet compost". ENSAM.
- JAMIS DA V.C., KROTH E.M. 1958 : "Available moisture storage capacity in relation to textural composition and organic matter content of Senegal Missouri Soils". Soil. Sci. Soc. h-t.: Proc. 22, n° 3, 189-192.
- KONONOVA M.M. 1946 : "Soil organic matter". 2e ed. Pergamon Press.

- PERRIER L. 1985 : "Suivi hydrique d'hivernage dans le cadre d'une unité de production de compost-biogaz". ENSAM.
- TARDIEU F., MANICHON H. 1986 : "Caractérisation en tant que capteur d'eau de l'enracinement du maïs on parcelle cultivée. I : Discussion des critères d'étude, II : Une méthode d'étude de la répartition verticale et horizontale des racines". Agronomie, 1986, 6141, 345-354.
- VACHAUD G.V. 1985 : "Influence d'apport en matière organique sur les productions, les bilans de consommations et les pertes en matières minérales en culture de mil et d'arachide en sol dégradé au Nord Sénégal". Rapport de mission 12-23 - Mars 1985.

Anacide en 87 ← → MIL en 87



⊗ 2000
SUIVI HYGIENNE



Poses de fraction du compost

PROFILES A+Lb

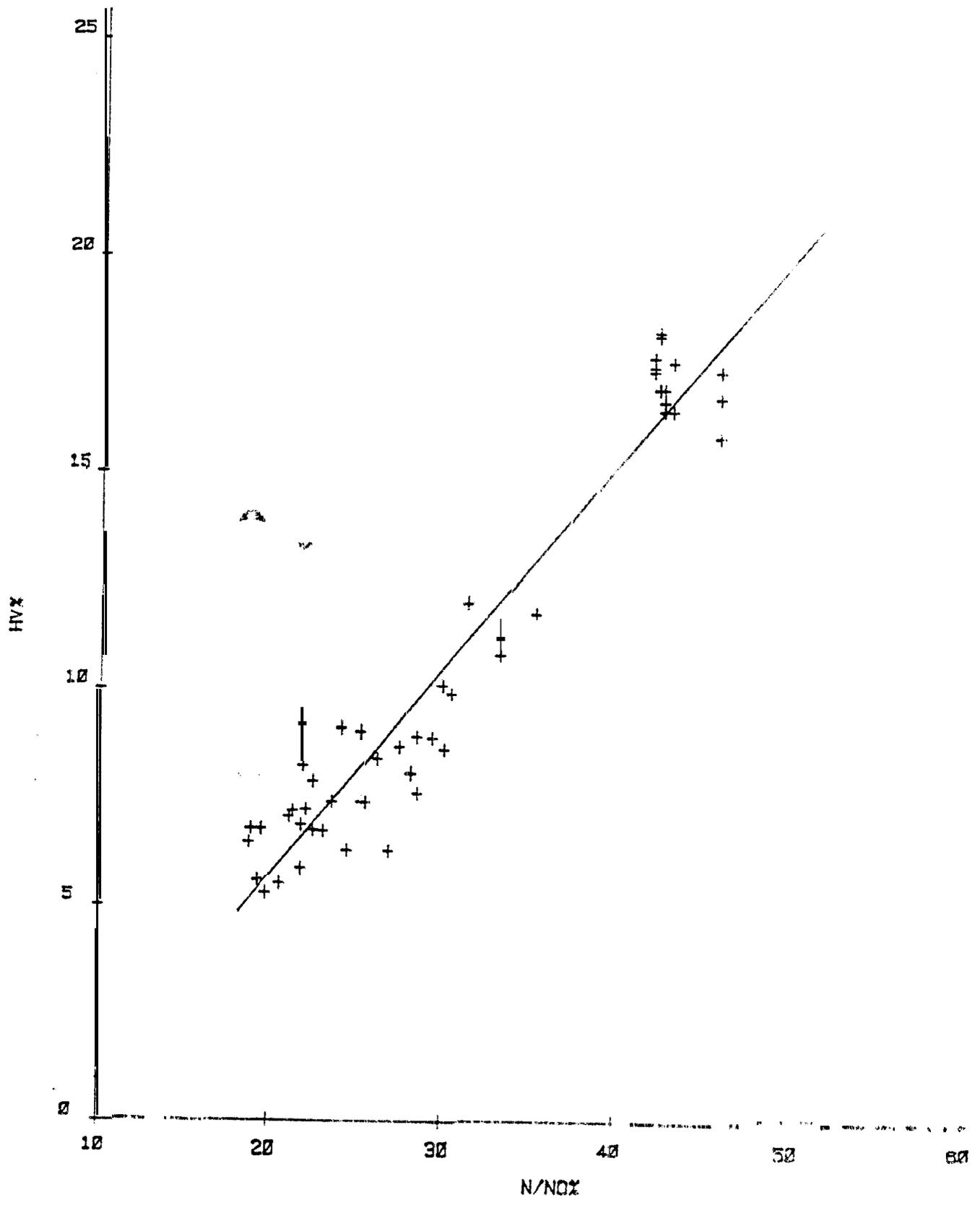
SITES

Horizons	T1	T2	T3	C1	C2	C3
5-15	9,0	14,3	10,5	15,0	11,3	13,3
15-25	10,3	16,0	10,8	15,0	10,3	13,8
25-35	13,8	18,0	13,3	17,3	13,3	15,5
35-55	13,8	19,5	13,5	18,0	14,5	17,8
55-75	14,3	20,8	15,0	20,3	16,0	19,3
75-95	13,8	21,5	15,5	21,8	16,0	17,5
95-115	14,3	19,8	15,0		15,5	15,5
115-135	13,0		14,0		15,0	16,5
135-155	13,0		15,3		14,8	16,5

Annexe III

ETALONNAGE SONDE TROXLER (1985)

HVX=0.477N/NOX-3.81



CONSOMMATIONS EN EAU JOURNALIERE (mm/jour)AU COURS DU CYCLE

Araclide 1986

SERIES DATES	TPS	PSC	ICC
AOUT 1	$1,9 \pm 0,1$	$< 3,0 \pm 0,3$	$3,0 \pm 0,$
AOUT 2	$2,7 \pm 0,1$	$> 1,2 \pm 0,3$	$1,4 \pm 0,1$
AOUT 3	$0,5 \pm 0,3$	$< 0,9 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,1$
AOUT 4	$0,4 \pm 0,1$	$< 0,8 \pm 0,1$	$1,5 \pm 0,1$
AOUT 5	$1,3 \pm 0,2$	$< 1,8 \pm 0,1$	$2,9 \pm 0,2$
AOUT 6	$1,7 \pm 0,4$	$= 1,6 \pm 0,2$	$3,2 (1)$
SEPT 1	$2,7 \pm 0,4$	$= 2,8 \pm 0,1$	$3,3 \pm 0,5$
SEPT 2	$4,5 \pm 0,4$	$= 4,4 \pm 0,2$	$4,1 \pm 0,1$
SEPT 3	$4,8 \pm 0,6$	$= 4,7 \pm 0,1$	$4,2 \pm 0,1$
SEPT 4	$4,1 \pm 0,6$	$= 4,2 \pm 0,1 (2)$	$4,8 (1)$
SEPT 5	$3,2 \pm 0,4$	$= 3,5 \pm 0,2 (2)$	$4,6 \pm 0,0$
SEPT 6	$4,0 \pm 0,2$	$= 4,2 \pm 0,5$	$4,3 \pm 0,3$
OCT 1	$3,5 \pm 0,1 (2)$	$= 4,0 \pm 0,4$	$4,1 (1)$
OCT 2	$2,7 \pm 0,2 (2)$	$= 3,0 \pm 0,3$	$4,5 \pm 0,1$
OCT 3	$2,2 \pm 1,0$	$= 2,4 \pm 0,8$	$4,4 \pm 0,3$
OCT 4	$2,0 \pm 0,7$	$= 1,4 \pm 0,2$	$3,6 \pm 0,4$
OCT 5	$1,2 \pm 0,4$	$= 0,7 \pm 0,6$	$5,0 (1)$

Fig entre parenthèse figure le nombre de site de mesure quand il est différent de 3 pour les series TPS et PSC et de 2 pour la serie ICC

ANNEXE V

BILAN HYDRIQUE IN SITU MIL 85

MESURE	MIL COMPOST IRRIGUE	MIL COMPOST PLUVIAL	MIL TEMOIN PLUVIAL
1	0	0	0
2	3.7±0.5 mm/j	3.4±0.8 mm/j	3.9±0.1 mm/j
3	4.2±0.2 mm/j	2.9±0.2 mm/j	3.7±1.0 mm/j
4	1.2±0.5 mm/j	1.3±0.4 mm/j	1.4±0.2 mm/j
5	4.7±0.4 mm/j	5.4±0.9 mm/j	5.0±0.5 mm/j
6	6.8±0.5 mm/j	6.4±1.2 mm/j	6.0±1.0 mm/j
7	7.9±0.5 mm/j	8.1±0.4 mm/j	7.7±0.8 mm/j
8	5.0±0.7 mm/j	4.2±0.6 mm/j	4.9±0.6 mm/j
9	4.0±0.3 mm/j	3.3±0.1 mm/j	4.1±0.5 mm/j
10	4.7±0.9 mm/j	4.7±0.4 mm/j	3.6±0.1 mm/j
11	4.3±0.7 mm/j	4.0±0.3 mm/j	3.6±0.1 mm/j
12	3.1±0.9 mm/j	2.9±0.5 mm/j	0.7±0.7 mm/j
13	1.9±0.7 mm/j	1.9±0.5 mm/j	1.1±1.2 mm/j
TOTAL	388.8 mm	347.1 mm	342.9 mm

ANNEXE VI

Densités Racinaires 10^4 g/um^3

D1H0R1

N.C.: Temoin

C: Compost

BLOC	TRAIT	Pied			Pluies Blow
		1	2	3	
I	NC	2,73144	3,68373	1,84621	2,00000
	C	3,72252	4,715278	2,0348	2,00000
II	NC	2,51563	3,74251	1,04241	2,56685
	C	1,31281	1,25403	2,83725	1,80736
III	NC	1,52051	2,34348	0,00774	1,62241
	C	3,00576	5,26303	3,68373	3,58472
IV	NC	7,56362	5,361	2,57074	3,16575
	C	3,87183	3,08474	4,72041	3,72552
V	NC	2,61388	3,31072	4,00000	3,60000
	C	2,52001	4,26342	6,49261	4,20000
VI	NC	2,37483	2,08091	2,71185	2,3802
	C	3,3663	5,11803	3,574	4,07044

BLOC
TRAIT

TRAIT 1 = TEMOIN
2 = COMPOST

6 Bis

data file D:\HOR1
file: IERE DATE, IER HORIZON, DENSITE, RINCINAIKS, g/cm3, x10exp1

function: FACTOR
data case no. 1 to 12
throughout selection

Factorial ANOVA for the factors:
variable 1 with values from 1 to 6
variable 2 with values from 1 to 2
TREATMENT

variable 3
DENSITE

Grand Mean = 3.011 Grand SD = 1.199 Grand N = 12

TABLE OF MEANS

1 *	2 *	3	Total
1 *	1 *	3.011	6.022
2 *	1 *	2.104	4.208
3 *	1 *	2.804	5.608
4 *	1 *	3.445	6.890
5 *	1 *	3.851	7.702
6 *	1 *	3.204	6.408

1 *	2 *	3	Total
1 *	1 *	3.011	6.022
1 *	2 *	2.104	4.208

value 1
stor 1
om 1
6

Randomized Complete Blocks design 2x6

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1 Rep	5	3.25	0.651	1.15	.440
2 A	1	2.18	2.181	3.85	.100
3 Error	5	2.83	0.566		

Coefficient of Variation = 24.40%

_ for means group 1 = .5318652 Number of observations = 2
Y
_ for means group 2 = .3070725 Number of observations = 6
Y

ANNEXE VI 2

D1HOR2 - 10^{-6} g/cm^3

Loc		1	2	3	\bar{X}
I	NL	6,91636	1,88628	6,2876	5,03008
	C	11,3176	42,7269	5,65884	19,70111
II	NL	1,25752	1,88628	6,2876	3,1438
	C	7,51504	16,3477	5,03008	7,56427
III	NL	8,17389	14,4614	1,88628	8,17386
	C	35,2106	19,4915	7,54512	20,74907
IV	NL	1,88628	20,1203	36,4681	19,49156
	C	15,719	23,8924	14,4614	18,02443
V	NL	7,54512	3,1438	6,91636	5,86843
	C	5,65884	10,6889	8,17389	8,17388
VI	NL	15,719	8,17389	24,5216	16,13816
	C	10,6889	44,0132	5,03008	19,91073

Data file D1HOR2

Title: HERE

CASE NO.	BLOC	TRAIT	
1			5.03008
2	1		19.70111
3	2		3.14380
4	3		7.56427
5	4		8.17386
6	5		20.74907
7	6		19.49156
8	7		18.02443
9	8	1	5.86843
10	8	2	8.17388
11	9	1	16.13816
12	9	2	19.91073

TRAIT: 1 = TEMOIN
2 = COMPOST

data file DEMOR1
 title: 2EME DATE, (LER HORIZON: DENSITE INCLINAIRE g/cm3 10exp4)

7 Bis

action: FACTOR
 data case no. 1 to 12
 without selection

factorial ANOVA for the factors:
 variable 1 with values from 1 to 6
 variable 2 with values from 1 to 2
 MAITEMENT

variable 3
 DENSITE

Grand Means 912 Cases Size 31 241 Total 12

TABLE OF MEANS

1 *	2 *	3	Total
1 *	1 *	9.795	19.590
2 *	1 *	7.733	15.467
3 *	1 *	11.647	23.694
4 *	1 *	4.653	9.307
5 *	1 *	8.582	17.164
6 *	1 *	4.860	9.719
1 *	1 *	6.635	33.170
1 *	2 *	9.189	45.945

value	1	2
factor	1	2
com	1	1
	6	2

Randomized Complete Blocks Design (RCBD)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1 Rep	5	78.90	15.779	1.02	899
2 A	1	19.56	19.562	1.27	310
3 Error	5	76.97	15.395		

Coefficient of Variation= 49.59%

_ for means group 1 = 2.774405 Number of observations = 2
 Y
 _ for means group 2 = 1.601803 Number of observations = 6
 Y

ANNEXE VI - 3

D2HOR1 10^{-4} g/lm³

LOC		1	2	3	\bar{x}
I	NL	7,14831	7,18469	2,98304	5,77200
	C	9,54927	2,49554	6,94823	13,81763
II	NL	14,333	10,8952	6,36618	10,53146
	C	5,002	5,002	4,80192	4,93531
III	NL	4,72916	12,4049	8,25784	8,46397
	C				
IV	NL	2,80112	5,98421	7,8789	3,53474
	C	6,82091	6,0024	4,4927	5,77200
V	NL	6,31161	6,87547	5,05576	5,41428
	C	8,73076	10,1313	16,3883	11,75012
VI	NL	3,78333	7,27563	7,22107	6,09334
	C	5,54767	2,89206	2,43733	3,6256

BLOC
TRAIT

TRAIT: 1 = TEMOIN
2 = COMPOST

File: JERE DATE, ZONE HORIZON/DENSITE RACINAIRE grom3 x1000pa

8 Bis

Action: FACTOR
 ta case no. 1 to 12
 without selection

Factorial ANOVA for the factors:
 Variable 1 with values from 1 to 6
 Variable 2 with values from 1 to 2
 TRAITEMENT

Variable 3
 DENSITE

Grand Mean= 12.097 Grand Sum= 152.369 Total Count= 12

TABLE OF MEANS

1 *	2 *	3	Total
1 *	1 *	12.366	24.731
2 *	1 *	5.554	11.108
3 *	1 *	14.461	28.923
4 *	1 *	18.758	37.516
5 *	1 *	7.021	14.042
6 *	1 *	18.024	36.049
1 *	2 *	9.641	57.846
1 *	2 *	15.754	94.523

value 1 2
 factor 1 2
 nom 1 1
 6 2

Randomized Complete Blocks Design (RCBD)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1 Rep	5	303.16	60.631	3.12	.118
2 A	1	112.10	112.104	5.78	.061
3 Error	5	97.05	19.410		

Coefficient of Variation= 34.70%

_ for means group 1 = 3.115318 Number of observations = 2
 y
 _ for means group 2 = 1.79863 Number of observations = 6
 y

ANNEXE VI 4

D2HOR2

Valeurs Moyennes
des densités racinaires

Data file D2HOR2
Title: 2EME DATE, 2EME HORIZON: DENSITE RACINAIRE g/cm3 x10exp5

DATE NO.	BI > C	TRAIT	
1	1	1	10.92330
2	1	2	16.93160
3	2	1	6.91666
4	2	2	17.88660
5	3	1	11.53330
6	3	2	15.85330
7	4	1	10.16330
8	4	2	17.10330
9	5	1	14.31000
10	5	2	7.66166
11	6	1	13.45500
12	6	2	14.11160

TRAIT 1 = TEMOIN
2 = COMPOST

La file DEBORGE
 Titre: 2EME DATE, 2EME HORIZON: DENSITE RACINAIRE g/cm3 x10exp5

2 Bis

Action: FACTOR
 Data case no. 1 to 12
 without selection

Factorial ANOVA for the factors:
 Variable 1 with values from 1 to 6.
 LOC
 Variable 2 with values from 1 to 2
 TRAITEMENT

Variable 3
 DENSITE

Grand Mean= 17.071 Grand Sum= 154.950 Total Count= 12

TABLE OF MEANS

1 *	2 *	3	Total
1 *	1 *	13.927	27.855
2 *	1 *	12.402	24.803
3 *	1 *	13.693	27.387
4 *	1 *	13.633	27.267
5 *	1 *	10.986	21.972
6 *	1 *	13.781	27.562
1 *	1 *	11.217	22.434
1 *	2 *	14.925	29.850

value	1	2
Factor	1	2
com	1	1
	6	2

Randomized Complete Blocks Design (RCBD)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Code	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Rep	5	13.48	2.696	0.15	
2	A	1	41.24	41.242	2.22	.196
3	Error	5	92.71	18.541		

Coefficient of Variation= 32.94%

_ for means group 1 = 3.044769 Number of observations = 2
 Y
 _ for means group 2 = 1.757898 Number of observations = 6
 Y

ANNEXE VI. 5

10

D2HOR3

$$10^{-5} \text{ g/cm}^3$$

LOC		1	2	3	\bar{x}
I	NL	12,0048	17,0977	7,07315	13,278 10,67092
	C	7,09374	19,0985	5,82051	
II	NL	5,09294	6,36678	11,641	7,70004 6,0024
	C	5,27483	6,0024	6,72996	
III	NL	2,49042	10,7375	15,2788	10,48901 7,57878
	C	8,0032	7,63941	7,09374	
IV	NL	8,54887	30,1938	6,18425	14,97565 10,67092
	C	12,50969	9,82271	7,09374	
V	NL	7,09374	14,7337	12,1866	11,33781 8,06380
	C	10,3677	6,0024	7,82131	
VI	NL	9,45832	8,18509	9,64027	9,09454 8,30635
	C	10,004	9,64027	5,27483	

Data File D2HOR3
 Title: JENE DATE, JENE HORIZ
 CASE NO. LOC TRAIT

CASE NO.	LOC	TRAIT	Value
1	1	1	13.27800
2	1	2	10.67092
3	2	1	7.70004
4	2	2	6.00240
5	3	1	10.48901
6	3	2	7.57878
7	4	1	14.97565
8	4	2	10.67092
9	5	1	11.33781
10	5	2	8.06380
11	6	1	9.09454
12	6	2	8.30635

10315

La file DENORE
Title: 2EME DATE, 3EME HORIZON: DENSITE RACINAIRE g/cm3 x10exp5

Action: FACTOR
La case no. 1 to 12
without selection

Factorial ANOVA for the factors:
Variable 1 with values from 1 to 6
OC
Variable 2 with values from 1 to 2
TRAITEMENT

Variable 3
DENSITE

Grand Mean= 9.847 Grand Sum= 118.168 Total Count= 12

TABLE OF MEANS

1 *	2 *	3	Total
1 *	1 *	11.974	23.947
2 *	1 *	6.851	13.702
3 *	1 *	9.034	18.068
4 *	1 *	12.823	25.647
5 *	1 *	9.701	19.402
6 *	1 *	8.700	17.401
1 *	1 *	11.146	66.873
1 *	2 *	8.549	51.293

value	1	2
factor	1	2
com	1	1
	6	2

Randomized Complete Blocks Design (RCBD)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1 Rep	5	46.71	9.742	12.90	.006
2 A	1	20.23	20.233	26.79	.003
3 Error	5	3.78	0.755		

Coefficient of Variation= 8.83%

for means group 1 = .6145543 Number of observations = 2

for means group 2 = .3548131 Number of observations = 6

ANNEXE VI - 6

11

D2 HOR 4

10^{-6} g / cm^3

SLOC

		1	2	3	X
I	NC	32,7403	30,9454	47,2916	56,99243
	C	38,1957	103,677	25,4647	55,77957
II	NC	87,3076	141,874	20,008	83,0632
	C	30,9214	39,5592	6,72996	44,26007
III	NC	52,7483	38,1957	30,9214	40,62223
	C	70,9214	45,6214	20,008	49,11050
IV	NC	107,315	43,6538	69,1785	73,36243
	C	54,5672	23,6458	60,024	46,079
V	NC	34,5592	196,942	50,9294	93,97687
	C	45,4727	85,4887	56,3867	62,44917
VI	NC	107,315	21,8269	12,7323	47,2914
	C	89,1265	20,008	9,09454	39,40968

Data file D2HOR4

Title: ZEME DATE, 4EME HORIZON: DENSITE RACINAIRE g/cm³ x 100000

CASE NO.	BLOC	TRAIT	
1	1	1	56.99243
2	1	2	55.77957
3	2	1	83.06320
4	2	2	44.26007
5	3	1	40.62223
6	3	2	49.11050
7	4	1	73.36243
8	4	2	46.07900
9	5	1	93.97687
10	5	2	62.44917
11	6	1	47.29140
12	6	2	39.40968

ts titre **D2HORA**
 Lie: ZEME DATE, 40ME HORIZON:SENSITE RADINAIRE g/umS x10exp

11 Bis

action: FACTOR
 (ta case no. 1 to 12
 without selection

Factorial ANOVA for the factors:
 Variable 1 with values from 1 to 6
 Variable 2 with values from 1 to 2
 TRAITEMENT

Variable 3
 INSITE

T A B L E O F M E A N S

1 *	2 *	7	Total
1 *	1 *	56.386	112.772
2 *	1 *	63.662	127.323
3 *	1 *	44.866	89.733
4 *	1 *	59.721	119.441
5 *	1 *	78.213	156.426
6 *	1 *	43.351	86.701
1 *	1 *	65.885	395.309
1 *	2 *	49.513	297.088

value 1 2
 ctor 1 2
 om 1 1
 6 2

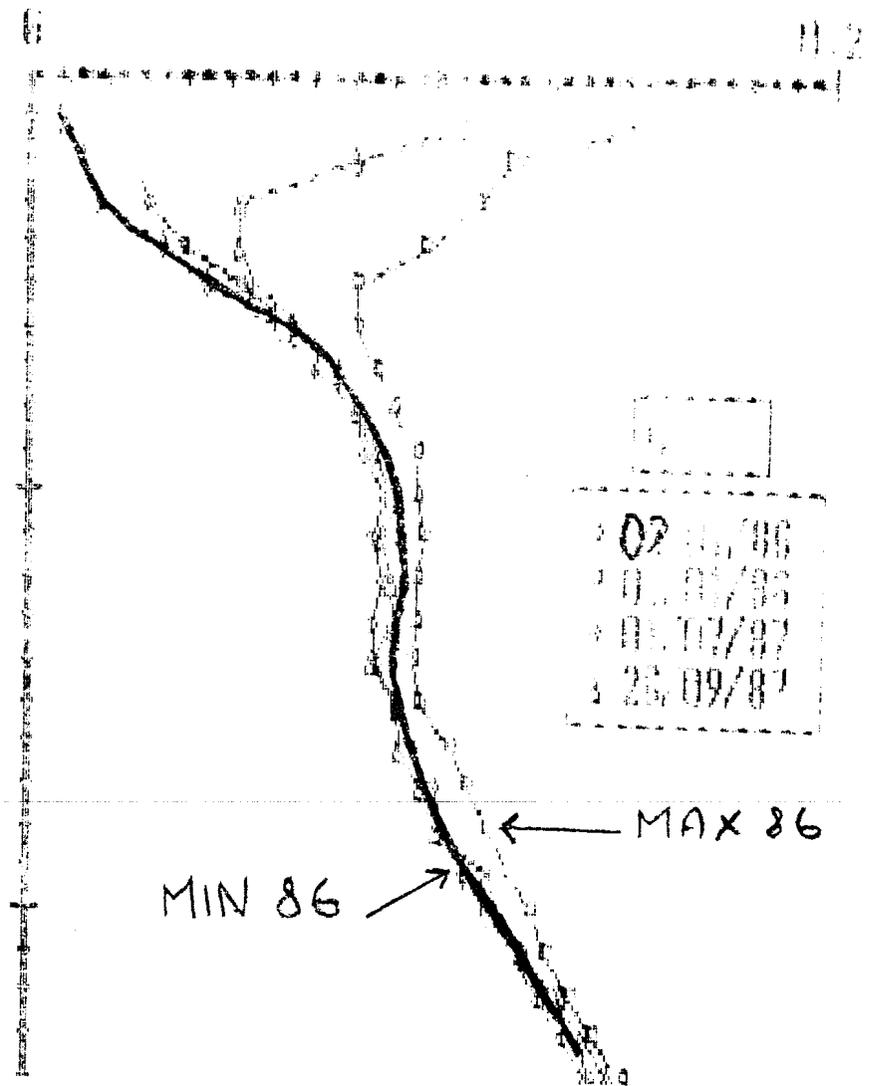
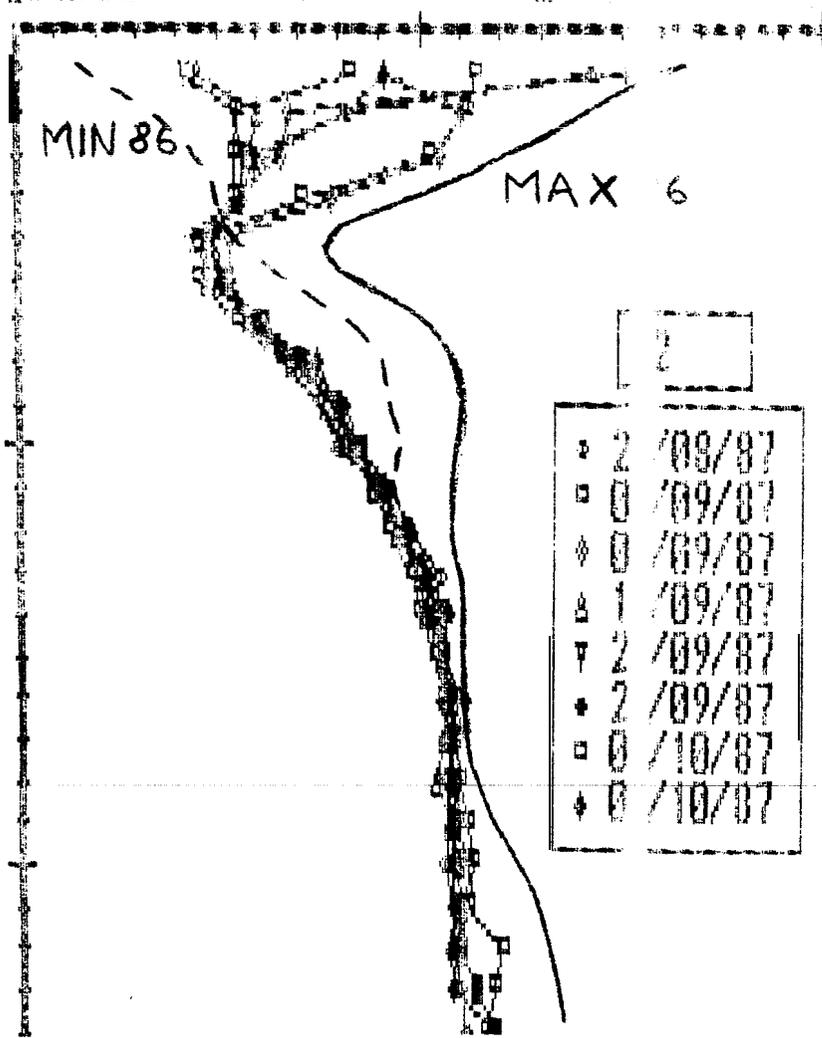
Randomized Complete Blocks Design (RCBD)

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1 Rep	5	1665.49	333.098	1.85	.252
2 A	1	803.94	803.940	4.54	.086
3 Error	5	885.91	177.183		

Coefficient of Variation = 23.07%

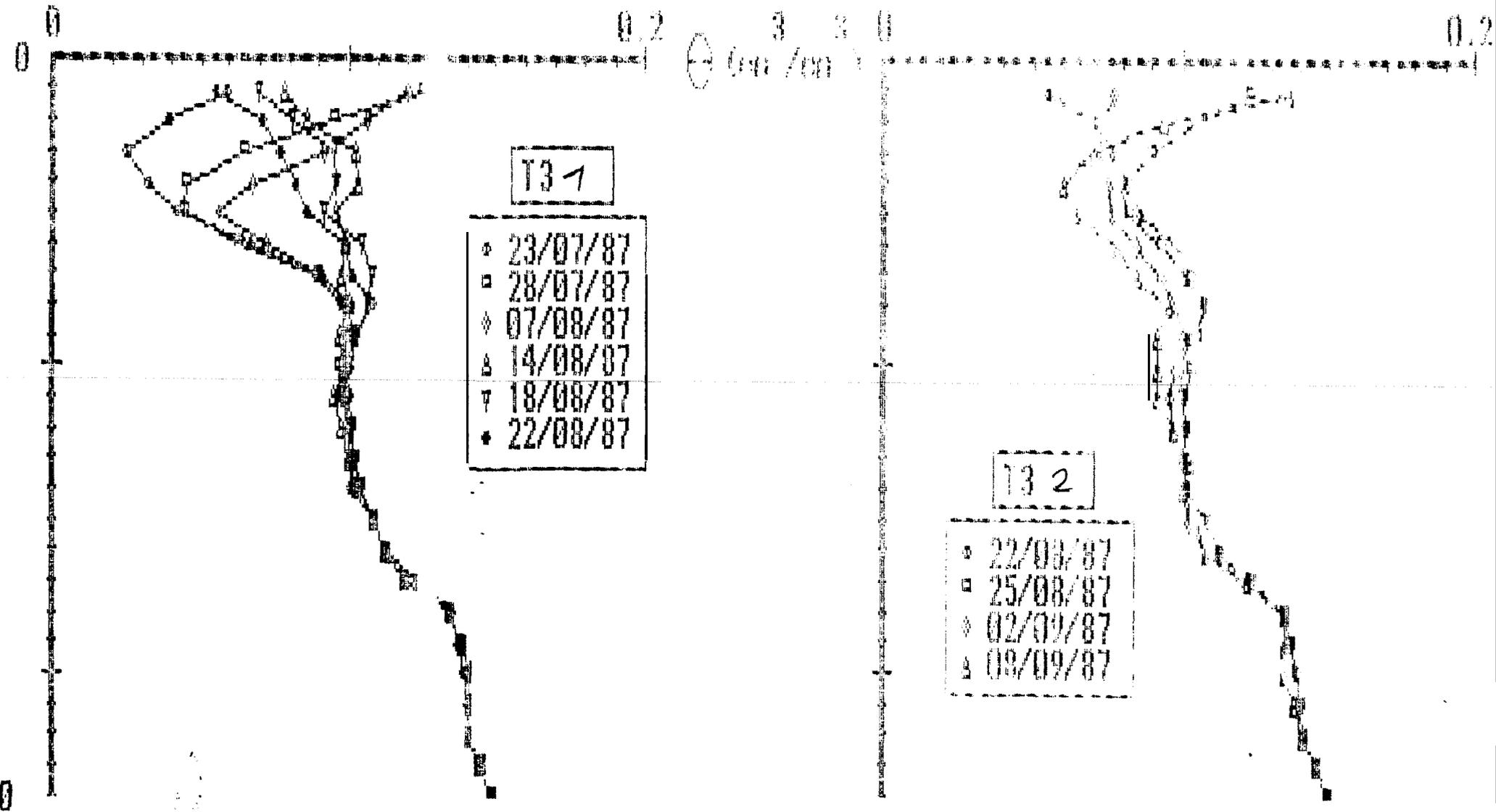
_ for means group 1 = 9.412299 Number of observations = 2
 y
 _ for means group 2 = 5.434193 Number of observations = 6
 y



A ANXE VII 1
 E EMPLE S NE PA OLS: T2, C7

193

MINI-ME VII & PROFILES do T3



17 1, 23, 28, 3, 7, 14, 18, 22, 25, 2, 8, 16, 21, 26, 28, 3, 20/10

O ₁₀	0,5	5,1	2,5	6,7	12,2	7,5	5,5	3,8	11,3	7,3	12,6	5,8	6,7	8,6	13,3	10,3	8,0
O ₂₀	0,6	4,3	1,1	7	11,9	7	5,5	11,3	8,1	11,3	7,6	6,1	10,4	11,2	11,1	10,1	
S	1,1	3,9	3,5	13,3	24,1	14,5	12,5	9,3	24,3	15,4	23,9	13,4	12,8	19	25,5	21,4	19,7
ΔS							3,2	1,9									
O ₃₀	0,9	2,4	1,9	5,9	7,5	0,6	9,5	8,7	5,6	6,8	6,6	7,3	5,9	5,9	7,2	13,6	12,1
S ₃₅	2,5	13,5	0,9	22,6	36	30,4	26,8	22,4	38,7	25,6	33,8	24,4	27,7	27,9	26,3	41,8	37,3
ΔS																	
S ₃₅₋₇₀																	
ΔS																	
S ₇₀	15	26,1	5,1	38,6	53,4	59	65,1	49,3	65,6	47,9	53	43,7	40,2	45,8	55,1	77,0	75,3
ΔS																	
S ₇₀₋₁₀₀																	
ΔS																	
S ₁₀₀₋₁₅₀																	
ΔS																	
S ₁₅₀₋₂₀₀																	
ΔS																	
S ₂₀₀	105	110	115,7	119,8	124	129,3	134,3	139,6	145,2	150,6	157	162	167,1	173,4	179,7	185,7	191,8

T-1
DS
ETR

Annexe VIII

P		4,2	4,1	3,8	24,5	0	0	7,6	20,3	17,1	22,9	5,5	7,9		6,3	65,7	71,5
ETR		22,7	9,4	17,8	19,2	3	5,3	17,7	40,6	36,7	34,5	10,5	16,9		32,7	13,5	39,4

e III

	1	23	28	3	7	14	18	22	25	2	8	16	21	26	28	3	8	20
O ₁₀	1,4	8	14,1	8,5	13,8	8	4,5	5	15,6	6,2	-5,7	5,4	6,6	10,9	14,6	17,4	19,1	
O ₂₀	2,5	7,4	14,4	8	12,6	8,4	8	5,2	9,6	7,7	6,6	8,1	2,5	10,8	11,8	17,7	17,7	
S ₂₀	3,9	15,4	25,5	16,5	26,4	16,4	15,5	20,2	35,2	17,9	27,3	13,5	3,1	17,7	27,4	23,7	21,8	
ΔS							5,3	1,5										
O ₃₀	2,4	8,4	5,5	7,3	7,9	0,6	8,2	5,8	6,3	5,2	6	5,5	1,8	5,3	4,3	12,5	12,7	
S ₃₅	7,5	20,5	38,8	27,5	36,3	30,8	27,8	28,5	37,7	19,7	37,3	27,8	4,3	29,7	36,9	47,9	42,5	
ΔS																		
S ₃₅₋₇₀	18,8	19,3																
ΔS																		
S ₇₀	26,3	33,8	53	48,5	59,6	56,4	53,4	42,6	58,4	47,4	53,7	43,8	42,5	57,7	59	74,9	78	
ΔS																		
S ₇₀₋₁₀₀																		
ΔS																		
S ₁₀₀₋₁₅₀																		
ΔS																		
S ₁₅₀₋₂₀₀	740	753,5	762	777	772,7	775	774	766,8	782,8	762	771	773,6	765,8	785,7	772,4	771,8	779,7	766,3
ΔS		13,5	7,7	-0,5	-5,2	-0,1	-0,6	-16	20,8	4	12,7	10,5	2,2	-9,3	7,3	15,4	3,9	-25,4
P		4,2	4,1	3,2	24,5	0	0	27,6	20,3	4	17,8	9,9	5,5	7,9		65,7	71,5	
ETR		28,5	8,6	21	29,7	0,1	10,6	11,6	47,1	7	23,4	3,3	24,3		4,3	7,6	47,5	

C III
DS
ETR

Annexe VIII 3