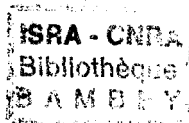


1985/20

REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE

INSTITUT SENEGALAIS
DE
RECHERCHES AGRICOLES
(I.S.R.A.)



CN0101085
P355
C15

Programme Fertilisation Minérale et Fertilité des sols
de la zone Centre-Nord du SENEGAL :

« Rapport d'activités 1984/85 »
=====

L . CISSE

Mai 1985

Centre National de Recherches
Agronomiques de Bambey.

Département de Recherches sur les Systèmes de Production et
le transfert de technologie au milieu Rural.

I - INTRODUCTION

Les deux principaux facteurs de dégradation de la fertilité des sols de la zone centre-Nord du Sénégal sont l'acidification et la chute du statut organique des sols.

Si la correction de l'acidité des sols est facilement réalisable par un apport de chaux agricole, le faible pouvoir tampon des sols sableux de la zone ns permet pas de maintenir durablement le pH corrigé.

On a montré sur les essais d'amendements organiques les effets très importants de ceux-ci sur l'accroissement des rendements. Mais ces résultats ont été obtenus avec une dose de 10 t/ha de fumier, dose que seule une très faible proportion de paysans peut appliquer du fait; des disponibilités en matière organique très limitées en milieu paysan,

C'est ainsi qu'une expérimentation est conduite depuis 1983 pour étudier d'une part, en station, l'effet de faibles doses de fumier sur les rendements de l'arachide et du mil et sur le pH du sol corrigé par de la chaux agricole et d'autre part, en milieu paysan, l'efficacité de ces faibles doses de fumier sur les cultures.

Une deuxième expérimentation est également conduite en condition semi-contrôlée pour étudier les paramètres du sol et de la plante sur lesquels agit la matière organique et qui expliquerait l'effet de celle-ci sur les rendements des cultures.

II - METHODE D'ETUDE

21 - Essai amendement organo-calcaïque

Le dispositif expérimental implanté dans le PAPEM de Thilmakha est un split-plot comprenant trois parcelles principales (doses de Fumier) et quatre parcelles secondaires (doses chaux). Le nombre de répétitions est de six et les dimensions des parcelles élémentaires sont : $3.60 \text{ m} \times 12 \text{ m} = 43.20 \text{ m}^2$.

Les doses de fumier appliquées sont : 0 t/ha - 2.5 t/ha et 5 t/ha ; celles de chaux : 0 - 100 - 200 et 300 kg/ha.

Ces amendements ont été appliqués en 1983. Toutes les parcelles élémentaires reçoivent une fertilisation minérale légère (150 kg/ha de 6-24-12).

22 - Etude des effets de faibles doses de Fumier en milieu paysan

Le dispositif d'étude est constitué de traitements appliqués sur de grandes parcelles (500 m²) et sans répétition.

Dans chacune des deux régions de Thiès et de Diourbel : dix points ont été choisis en accord avec la SODEVA.

Les traitements mis en comparaison sont :

- 1 = 0 t/ha de Fumier + Fertilisation minérale
- 2 = 2.5 t /ha " + "
- 3 = 5 t/ha " + "
- 4 = 10 t/ha " + "
- 5 = 5 t/ha de fumier sans fertilisation minérale.

Une très faible fertilisation minérale a été appliquée sur arachide et mil :

<u>Sur mil souba</u>	<u>Arachide</u>
N = 30.5 kg/ha	N = 6 kg/ha
P ₂ O ₅ = 15.75 "	P ₂ O ₅ = 13.5 "
K ₂ O = 15.75 "	K ₂ O = 20.25 "

Le fumier utilisé dans ces essais provient de l'exploitation du paysan.

23 = Etude des effets de la matière organique sur les caractéristiques du sol, les transferts hydriques et minéraux à travers le profil et sur les rendements.

Le dispositif d'étude est un bloc de Fieher à six répétitions et comprenant deux séries ; une série en mil et une deuxième en arachide.

Il est implanté sur un champ loué à un paysan à l'entrée du village de Thilmakha.

Les parcelles élémentaires sont de dimensions : 6 m x 15 m = 90 m².

Les traitements équipés en dispositif de mesures sont :

- 1 = Lebbur + Fertilisation Minérale
- 2 = Labour + Fertilisation Minérale + 10 t/ha/2 ans de fumier.

Du fait de l'homogénéité du sol, trois répétitions sur les six sont seulement suivies sur le plan hydrique et minéral.

Sur chacune des parcelles suivies on a installé au centre, un tube d'accès pour humidimètre à neutrons à 4 m de profondeur et des tensiomètres à 40, 80, 100, 140 et 160 cm sous arachide et à 40, 80, 100, 170 et 190 cm sous mil.

Deux séries de cellules de prélèvement de solution du sol à 30, 60, 90 et 150 cm sous arachide et à 30, 60, 90 et 180 cm sous mil ont été mises en place.

Les mesures tensiométriques sont faites tous les jours, les profils hydriques et les extractions de solution de sol sont effectués toutes les semaines.

A mi-cycle végétatif du mil des prélèvements racinaires (méthode de prélèvements globaux) ont été faits dans les couches 0-10, 10-20, 20-30 et 30-50 cm du sol.

En saison sèche 1985 (Janvier-Mars) deux cinétiques d'infiltration (double anneau) ont été réalisées pour caractériser sur le plan hydrodynamique les deux traitements suivies.

Ces travaux bénéficient d'une importante aide en matériel de mesures et en missions d'experts de l'AIEA dans le cadre du projet SEN/5/017.

Ils sont conduits par les services de biochimie des sols (F. GANRY), Bioclimatologie (C. DANCETTE) et chimie des sols (L., Cisse).

III - RESULTATS ET INTERPRETATIONS

31 - Essai amendement organo-calcaire

Les rendements en grains et pailles ainsi que le poids des épis sont présentés au tableau I.

chaux (kg/ha)	Pailles (kg/ha)			Poids épis (kg/ha)			Grains (kg/ha)		
	Fumier (t/ha)			fumier (t/ha)			Fumier (t/ha)		
	0	2.5	5.0	0	2.5	5.0	0	2.5	5.0
0	5481	4967	5605	1025	950	1042	514	465	535
100	4946	5928	6053	957	1077	1125	490	597	539
200	5255	5247	5543	981	1005	1032	551	514	568
300	5481	5379	5815	1049	941	1083	576	514	560

P. principales	Variance	Fc	Variance	Fc	Variance	Fc
fumier :	9.372	1.26 (NS)	0.222	0.76 (NS)	0.031	0.22 (NS)
Bloc :	10.999	1.48 (NS)	0.836	2.85 (NS)	0.39s	2.77 (NS)
ERREUR :	7.471		0.293		0.142	
cv (%)	20.5		21.7		20.9	

P. secondaires

Chaux :	1.677	0.34 (NS)	0.057	0.39 (NS)	0.469	0.69 (NS)
fumier x chaux :	2.980	0.61 (NS)	0.068	0.60 (NS)	0.060	0.89 (NS)
ERREUR :	4.904		0.147		0.068	
CV (%)	16.7		15.4		20	

Tableau I : Effets du fumier et de la chaux sur le poids des épis et les rendements en pailles et en grains du mil souma (Thilmakha 84)

On n'observe aucun effet significatif de la chaux ou du fumier sur le rendement du mil.

La pluviométrie a été très faible (202.5 mm de pluie utile, entre le semis et la récolte) et mal répartie. La mauvaise pluviométrie du mois d'Août (63.5 mm au total) et des périodes de sécheresse importantes (du 2 au 16 Août notamment) intervenues au moment de l'épiaison = début floraison ont provoqué un important échaudage (près de 50 %) qui s'est reflété sur les niveaux de rendements en mil-grain obtenus (500 kg/ha en moyenne).

Mais les observations faites sur l'essai "techniques culturales" implanté depuis 1972 à Thilmakha montrent, par ailleurs, que c'est à partir de la troisième année que l'apport de fumier commence à produire des effets sur les rendements du mil et de l'arachide.

On peut donc avancer que les apports de fumier effectués l'année dernière sur cet essai ne sont pas encore susceptibles d'induire des effets significatifs sur les cultures et ce d'autant plus que ces apports sont plus faibles que celui réalisé sur l'essai "techniques culturales" qui est de 10 t/ha de fumier tous les deux ans.

311 - Effets des apports de chaux et de fumier sur les principales caractéristiques chimiques du sol

Avant la mise en place de la culture du mil, des échantillons de sol ont été prélevés sur toutes les parcelles élémentaires dans les horizons 0-10 et 10-20 cm.

Les valeurs moyennes et les Ecart-types des caractéristiques chimiques analysées sont présentés au tableau II.

Sur la teneur en matière organique totale, les réserves en phosphore assimilable et les réserves minérales facilement utilisables, les apports de fumier n'ont pas induit d'augmentation significative.

Sur le pH du sol on observe, par rapport au pH de départ du sol ($pH_{KCl} = 4.82$), une diminution de 0.2 unité sur le traitement sans apport de chaux ni de fumier et un maintien du pH du sol par l'apport de fumier seul.

32 - Etude des effets de faibles doses de fumier en milieu paysan

Les principales caractéristiques chimiques des sols des sites d'expérimentation sont présentées au tableau III,

	Région de Thiès	Région de Diourbel
pHeau	6.10	6.0
pHK _{Cl}	4.90	5.0
Matière organique totale (en %)	0.38	0.20
Réserves minérales assimilables (S, meq/100g)	2.30	1.10
Phosphore total (P, en ppm)	85.80	126.30
Phosphore Olsen (P, en ppm)	27.60	42.90

Tableau III : Principales caractéristiques chimiques des sols (horizon 0-20cm).

Les essais sont menés sur des sols sableux (sol Dior) dont les paramètres chimiques analyses montrent qu'ils ont de faibles taux de matière organique, qu'ils sont peu pourvus en réserves minérales facilement mobilisables par les plantes et carences (région Thiès) à pauvres en phosphore assimilable.

Les teneurs moyennes en N, P, K, Ca et Mg du fumier utilisé et les apports minéraux correspondants aux doses de fumier appliquées sont présentés au tableau IV.

Région de Thiès				Région de Diourbel					
	Teneurs	Apports minéraux (kg/ha)				Teneurs	Apports minéraux (kg/ha)		
	en (%)	(1)	(2)	(3)		en (%)	(1)	(2)	(3)
N	1.17 _{±.37}	27.7 _{±8.8}	55.4 _{±17.6}	110.8 _{±35.2}		1.02 _{±.36}	24.3 _{±8.6}	48.6 _{±17.2}	97.2 _{±4.4}
P	0.227 _{±.04}	5.3 _{±1.0}	10.6 _{±2.0}	21.2 _{±4.0}		0.191 _{±.04}	4.5 _{±1.1}	9.0 _{±2.2}	18.0 _{±4.4}
K	0.613 _{±.15}	14.5 _{±3.6}	29 _{±7.2}	58 _{±14.4}		0.690 _{±.20}	16.4 _{±4.9}	32.8 _{±9.8}	65.6 _{±19.6}
Ca	0.935 _{±.28}	22.1 _{±6.5}	44.2 _{±13.0}	88.4 _{±26}		0.763 _{±.18}	18.1 _{±4.3}	36.2 _{±8.6}	72.4 _{±17.2}
Mg	0.388 _{±.12}	9.2 _{±2.8}	18.4 _{±5.6}	36.8 _{±11.2}		.469 _{±.17}	11.1 _{±4.0}	22.2 _{±8.0}	44.4 _{±16.0}
humidité (%) : 5.6 ± 0.65					humidité (%) : 5.0 ± 1.6				
(Fumier)					(Fumier)				

Tableau IV : humidité, teneurs minérales du Fumier et quantité d'éléments minéraux apportés sous forme de fumier. (1) ; (2) ; (3) : respectivement 2.5, 5 et 10 t/ha de fumier appliquées.

Les teneurs en N, P, K, Ca et Mg du fumier sont peu différentes dans les deux régions. Par rapport au fumier sous stabulation du CNRA, le fumier utilisé en milieu paysan est plus pauvre en phosphore et en potassium.

A la dose de 2 à 5 t/ha, le fumier apporte 80 N, P_2O_5 , K_2O et CaO + MgO respectivement 25, 11, 18 et 45 kg/ha. Ces quantités sont faibles, d'autant plus qu'elles ne sont pas immédiatement et totalement utilisables, après épandage, par les plantes (par exemple, le coefficient d'utilisation apparent de l'azote du fumier épandu en surface, est de 5 % d'après F. GARRY).

De l'analyse minérale du fumier utilisé on peut avancer que les doses susceptibles, à court terme, de produire des effets significatifs doivent être supérieures à 2 t/ha tous les deux ans.

Les rendements en Gousses et en fanes obtenus dans la région de Diourbel sont présentés au tableau V ; ceux de Thiès, par suite d'une erreur d'épandage d'engrais sur les parcelles, ne sont pas interprétables.

Traitements	Gousses (kg/ha)		Fanes (kg/ha)	
	(moyenne ± écart-type)		(moyenne ± écart-type)	
1. 0 t/ha de Fumier + F.M.	742	± 247	1195	± 250
2. 2.5 t/ha " + "	852	± 245	1302	± 288
3. 5.0 t/ha " + "	860	± 168	1348	± 344
4. 10 t/ha " + "	1028	± 390	1330	± 450
5. 5 t/ha	092	± 254	7136	± 257

Tableau V : Rendements de l'arachide - Région de Diourbel -

F.M : fertilisation minérale (N = 6, P_2O_5 = 13.5 et K_2O = 20.2 kg/ha)

Le rendement en gousses le plus élevé est obtenu avec la dose de 10 t/ha de fumier qui a procuré 250 kg/ha de gousses de plus que le traitement sans apport de fumier. La comparaison des moyennes par test t montre que les rendements 1, 2, 3 et 5 sont équivalents et inférieurs à celui du traitement 4.

Les rendements en fanes ne diffèrent pas significativement en fonction des traitements.

33 - Effets de l'apport du fumier sur les caractéristiques du sol, les transferts hydriques et minéraux à travers le profil et sur les rendements du mil et de l'arachide.

En 1983 (L. Cisse, rapport d'avancement AIEA, 1983), on a analysé les effets de l'apport de fumier sur les caractéristiques chimiques du sol, effets qui ne se sont manifestés que sur l'horizon 0-10 cm et qui sont prin-

- « de la teneur en matière organique (50 %)
- « de la teneur en Calcium et potassium échangeables (100 % et 10%)
- « de la somme des bases Echangeables (90 %).

331 - Caractérisation hydrodynamique

Pour estimer rapidement les flux et pour établir si la matière organique a ou non un effet sur les propriétés hydrodynamiques du sol, un essai de caractérisation double anneau sous une charge constante (4 cm) a été réalisé en saison sèche 1985.

La figure 1 présente l'évolution des profils hydriques (drainage-évaporation).

Les différences sur l'évolution des stocks d'eau en fonction du temps sont surtout, marquées pour la couche 0-20 cm :

<u>Temps</u>	<u>Stock d'eau 0-20 cm (en mm)</u>	
	<u>Avec fumier</u>	<u>Sans fumier</u>
0 h (fin infiltration)	52	52
1 h	42	32
4 h	34	22
13 h	22	16
24 h	20	14

Ainsi avec le même stock d'eau de départ dans la couche 0-20 cm à la fin de l'infiltration, l'apport de fumier permet de maintenir une plus grande quantité d'eau en surface ; le ressuyage est donc plus lent sous la parcelle amendée avec du fumier.

Le front d'humidité était, après 24 h de ressuyage, à 190 cm sous la parcelle sans fumier et à 150 cm sous celle avec le fumier,

La courbe K (●) est représentée à la fig. 2.

Il n'y a aucune différence sur la conductivité hydraulique des couches de profondeur (50 - 200 cm) comme on peut le voir sur la fig. 2.

L'effet de la matière organique sur les paramètres hydrodynamiques du sol s'exercerait donc essentiellement sur les couches de surface 0-20 cm.

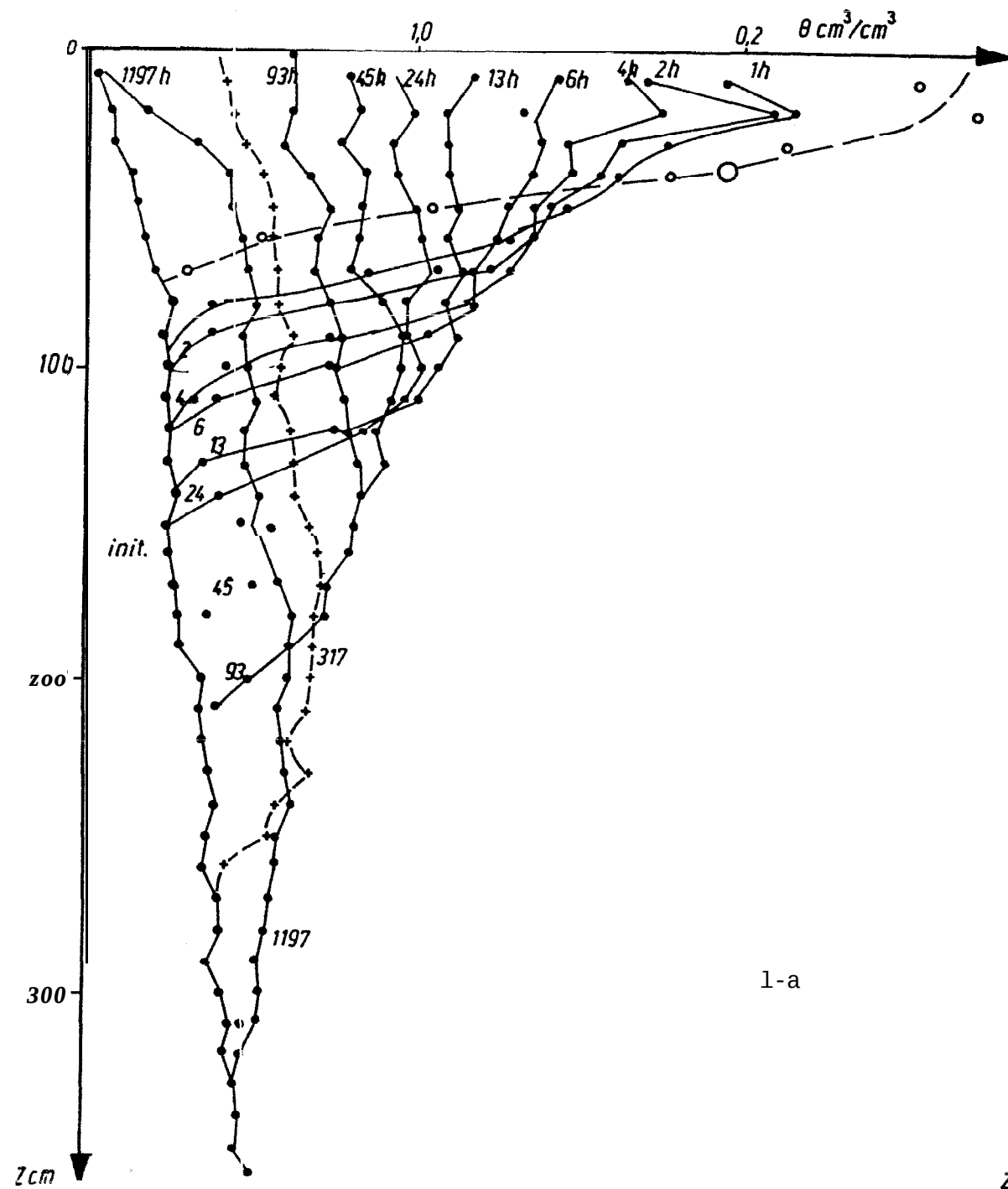
332 - Bilan de consommation hydrique

« Arachide (semis le 15/7/84 - récolte le 22/10/84)

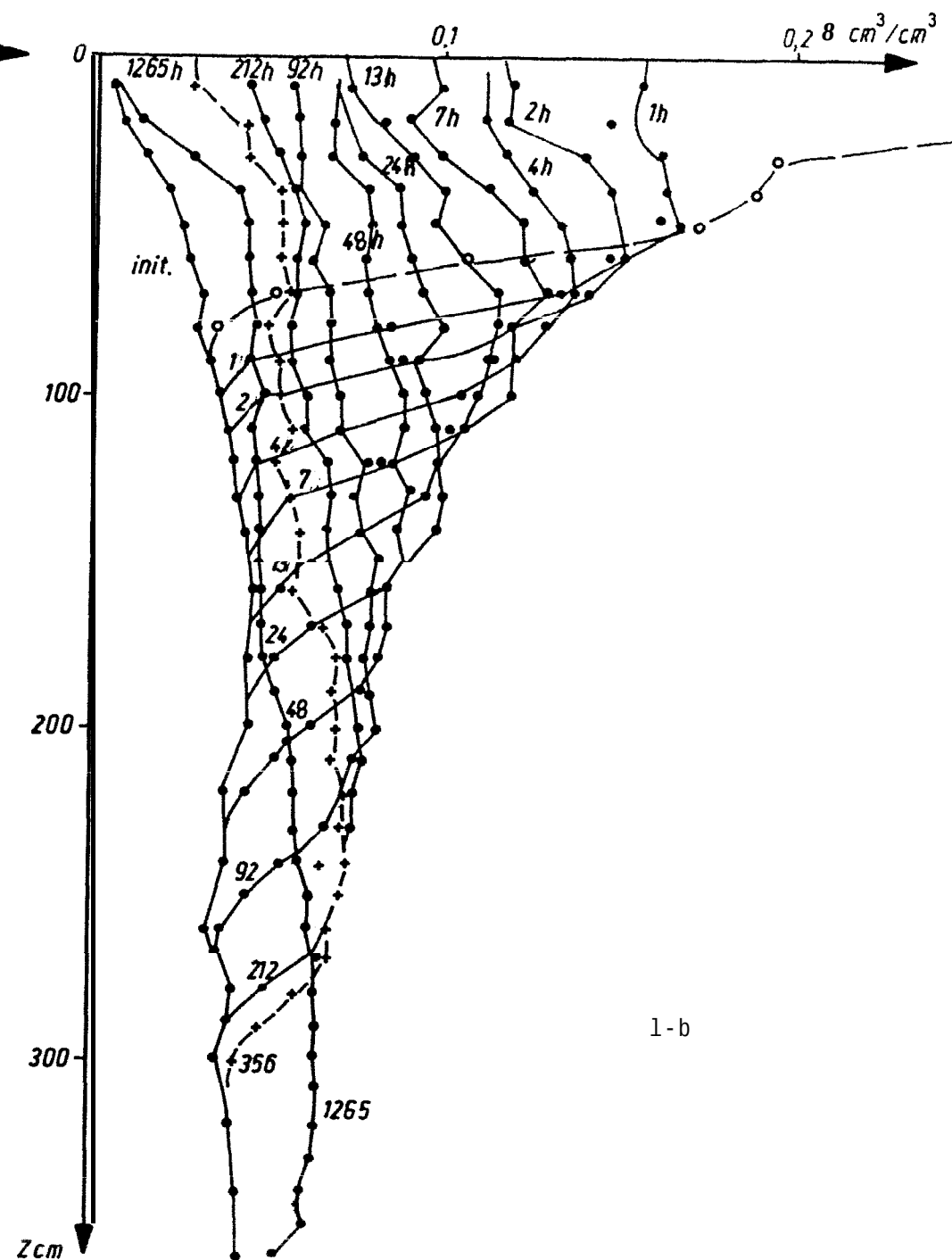
« La consommation journalière est représentée à la fig. 3a et celle cumulée à la fig. 3b.

On observe qu'à partir de la mi-Août, c'est-à-dire un mois après le semis, que la consommation hydrique sur la parcelle avec fumier est supé-

Fig : Evolution des profils hydriques (drainage - évaporation) - Thilmakha 1985
 (a) : Labour + F.M. + Fumier - (b) : Labour + Fertilisation Minérale

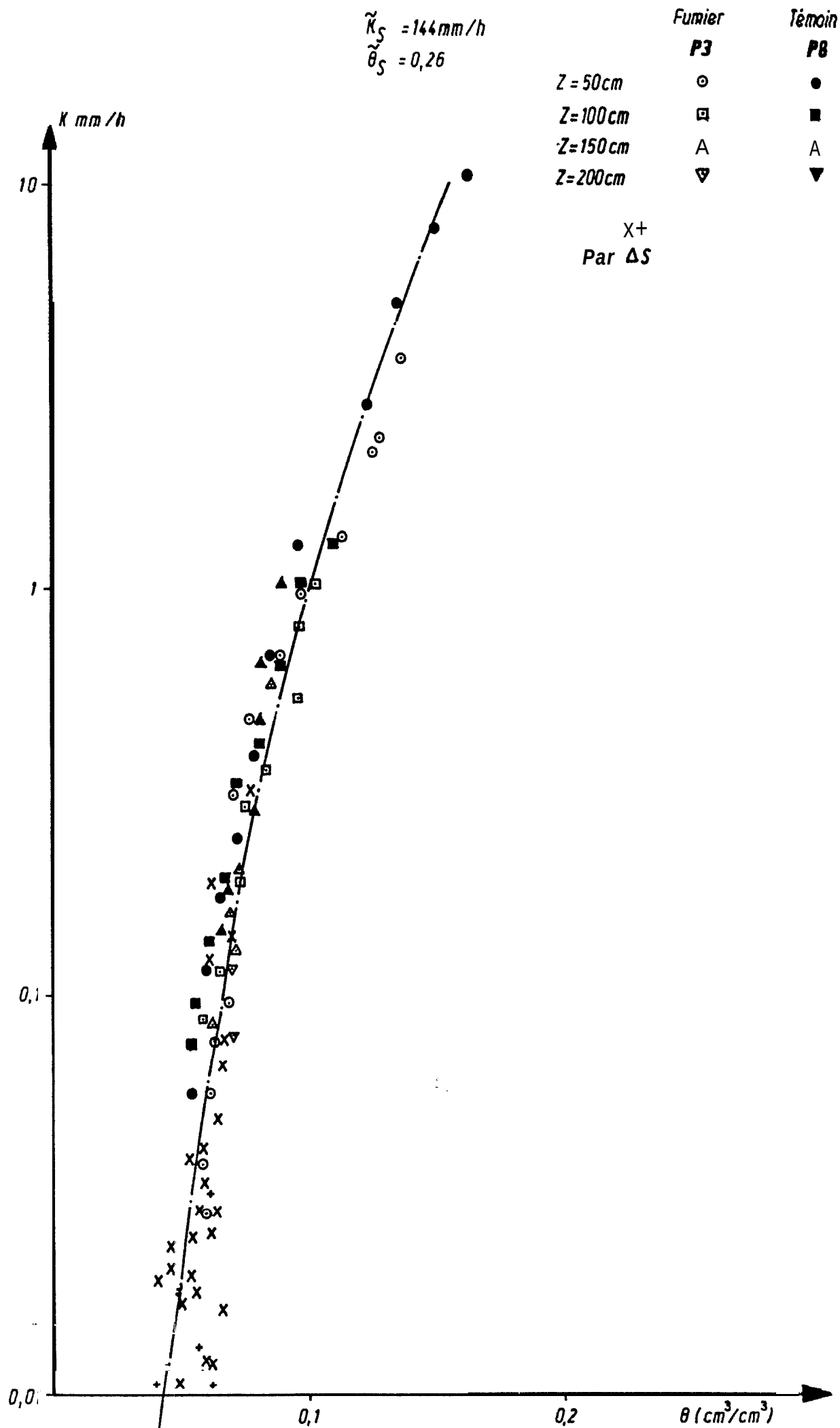


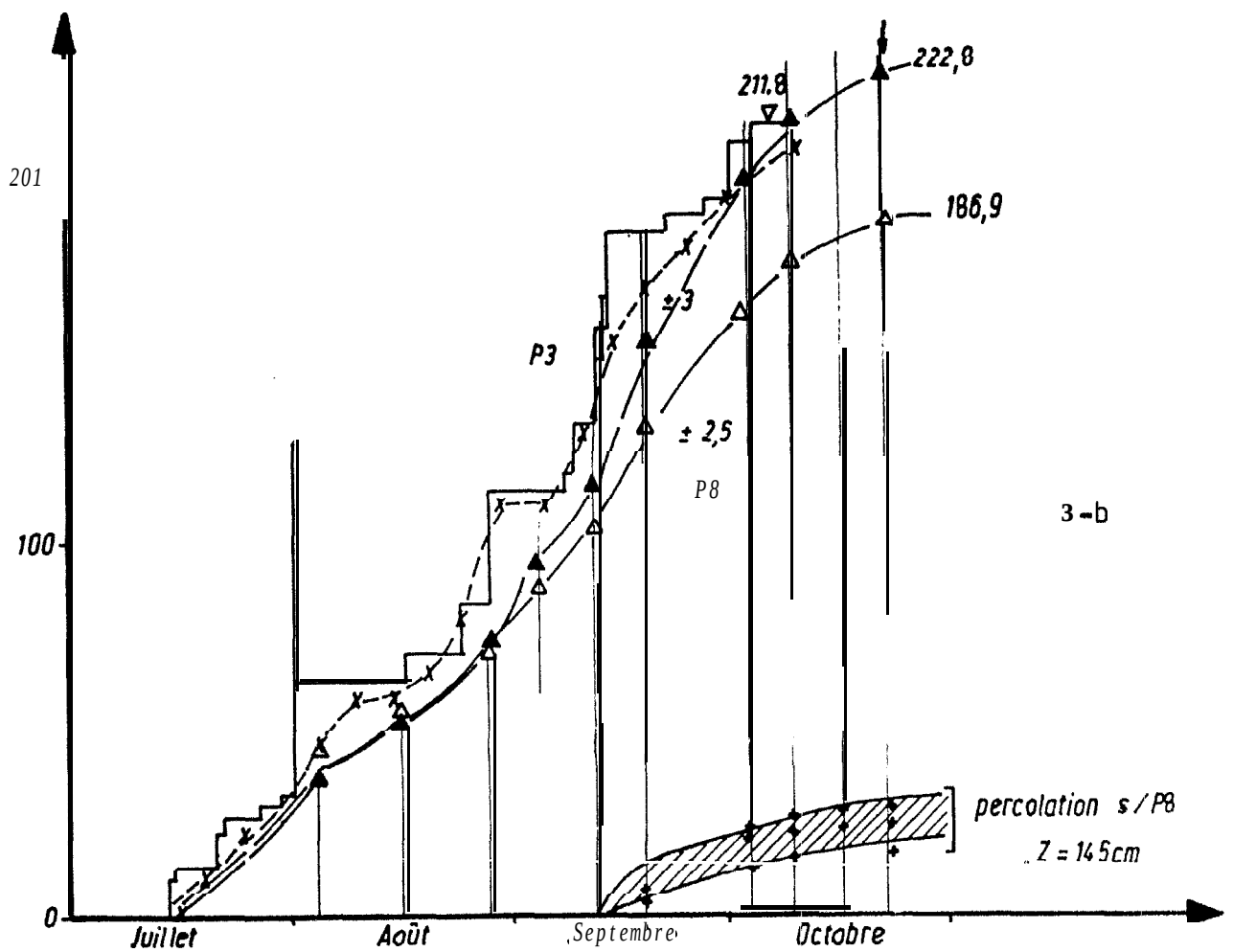
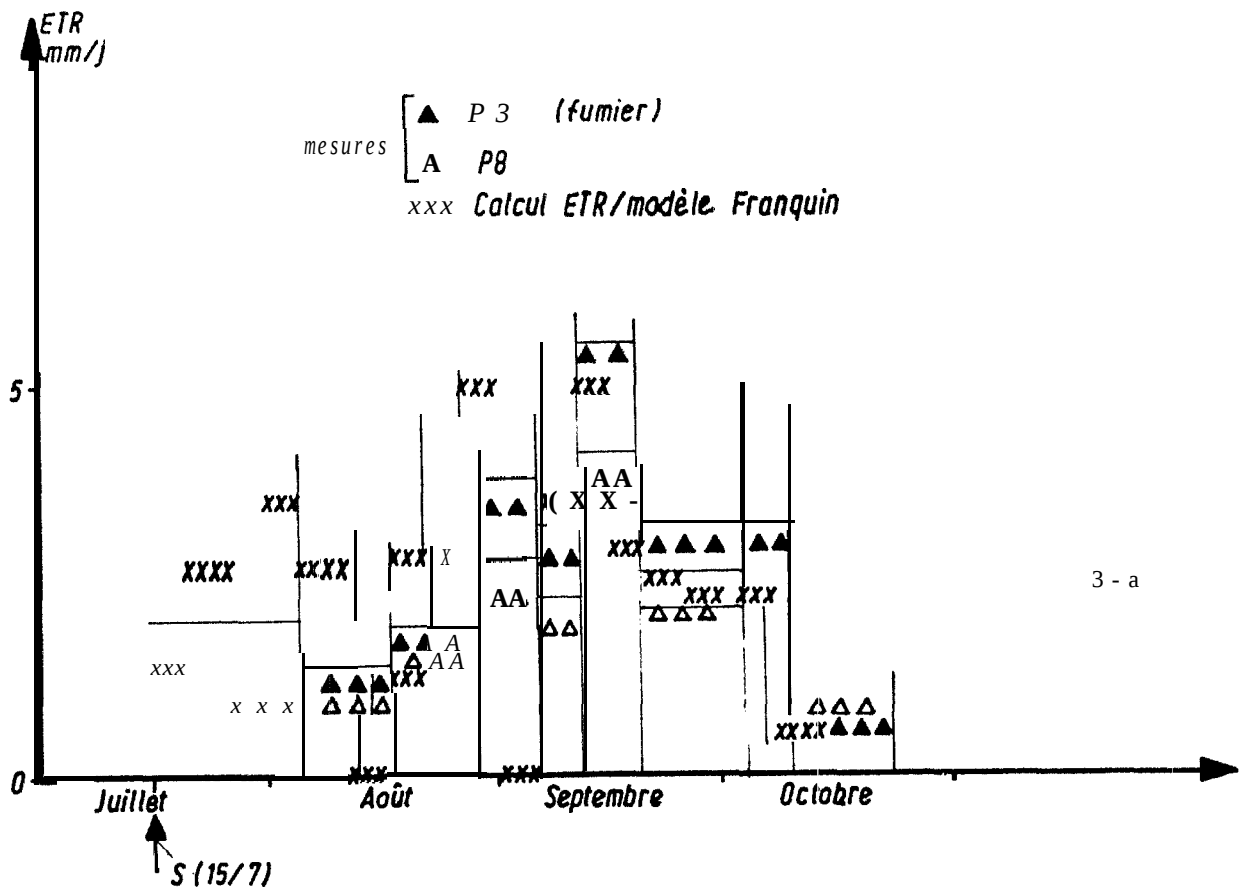
1-a



1-b

Fig II : Courbe $K(\theta)$ - Caractérisation Hydrodynamique, Thilmakha 1985.





Fin III : Bilan de consommation - Arachide

Les consommations totales sont respectivement de 223 mm et 187 mm sur les deux traitements.

Comparées à la pluie utile (semis - récolte) qui est de 229 mm, on constate que sur le traitement avec Fumier l'arachide a consommé toute la pluie tandis que sur le traitement non amendé avec du fumier, il y a 40 mm d'eau de stock résiduel alors que l'arachide a subi d'importants stress hydriques au cours de son cycle végétatif.

- Mil sauna (semis le 10/7/84 - récolte le 23/10/84

Les consommations journalières et totales sont représentées aux figures 4a et 4b.

Jusqu'à ml-cycle végétatif la consommation journalière du mil sur le traitement fumier est plus élevée. Mais en fin de cycle, il se produit une inversion, le mil sur le traitement sans fumier a une consommation journalière plus importante du fait qu'il arrive à puiser dans les couches profondes du sol, au-delà de 1.50 m. Ainsi les consommations totales sont équivalentes et sont respectivement de 230 et 228 mm pour les deux traitements.

Toute la pluie utile (semis - récolte) a été consommée sous mil,

333 - pertes hydriques et Minérales

- pertes hydriques

Les pertes hydriques par drainage au-delà des côtes de références qui sont 150 cm pour l'arachide et 180 cm pour le mil ont été calculées par la méthode de la variation de stock hydrique entre la côte de référence et la dernière côte de mesure (370 cm).

Sur le traitement avec apport de fumier, il n'y a aucune perte hydrique ni sous arachide ni sous mil,

Sur le traitement sans fumier le drainage sous arachide s'élève à 25 mm ; sous mil on a enregistré des pertes que sur un bloc et qui s'élèvent à 7 mm.

Ces résultats montrent d'une part, l'effet de la matière organique sur la réduction des pertes hydriques par drainage et d'autre part, l'effet de la culture sur ces pertes. Sous arachide, le drainage est plus important que sous mil.

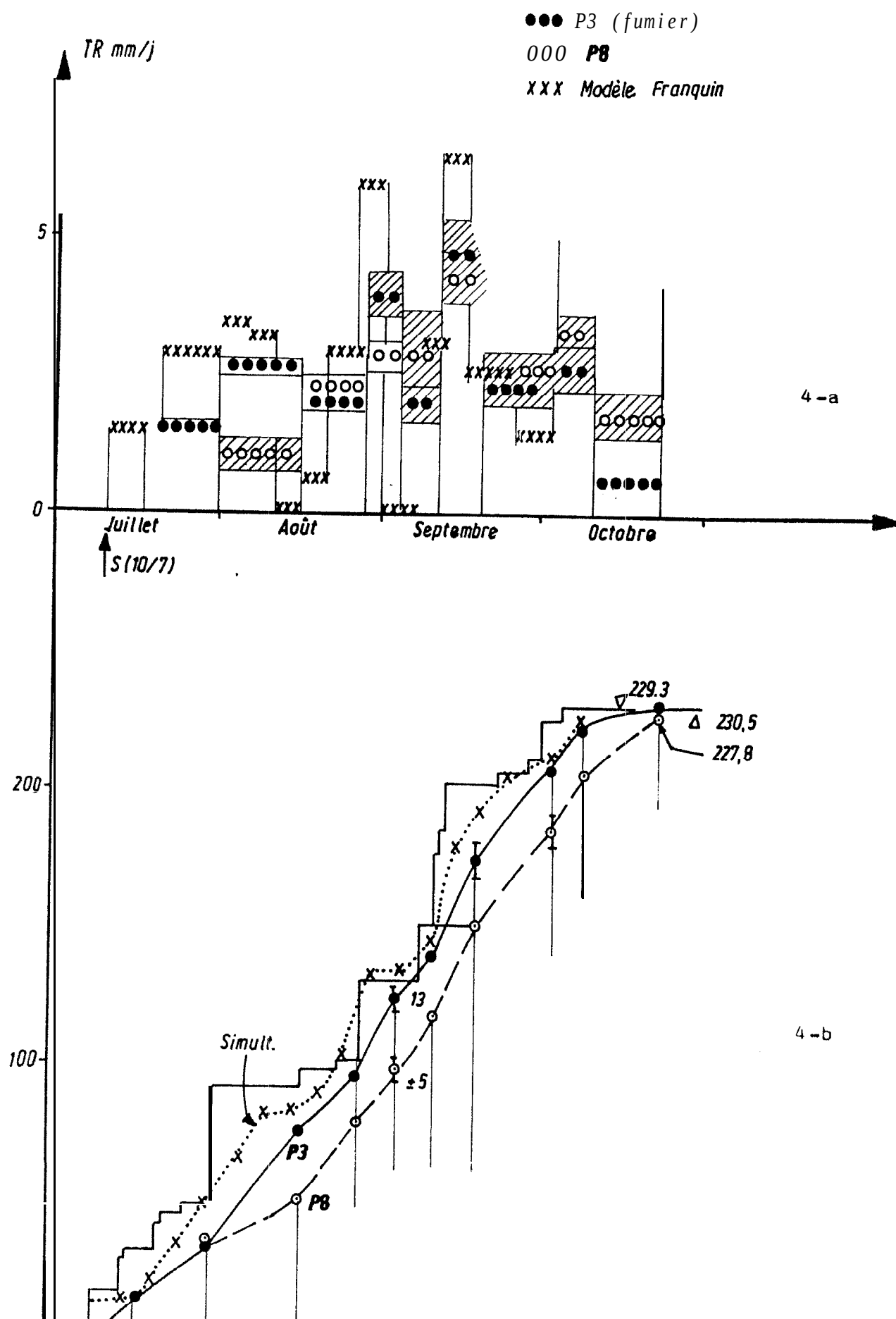
- Pertes minérales par lixiviation

Les concentrations de la solution du sol. en N, K, Ca et Mg aux côtes 2 = 30 cm et Z = 60 cm sont présentées aux tableaux VI et VII.

Les résultats pour le mil ne sont pas présentés du fait qu'à plusieurs dates de prélèvements on n'a pas pu extraire de volumes de solution significatifs pour en faire l'analyse, car le mil consomme pratiquement toute l'eau disponible dans ces zones.

Fig. IV : Bilan de consommation - Mil souba

(a) : consommation journalière - (b) : consommation totale.



Dates	Avec Fumier				Sans Fumier			
	N-NO ₃	K	Ca	Mg	N-NO ₃	K	Ca	Mg
21/08	130	39	88	25	48	18	72	15
28/08	86	38	88	30	40	16	32	7
11/09	44	27	70	24	17	11	22	4
18/09	24	19	56	18	12	15	41	9
28/09	"			"	1.0	9	16	2
02/10			"		1.3	8	12	2
09/10	"		"			7	7	1

Tableau VI : Concentration de la solution du sol (en ppm) sous arachide
Z = 30 cm - Thilaakha 1984

Dates	Avec Fumier				Sans Fumier			
	N-NO ₃	K	Ca	Mg	N-NO ₃	K	Ca	Mg
21/08	122	24	162	27	46	22	67	12
28/08	109	25	104	22	40	15	33	6
11/09	85	25	93	28	52	13	52	11
18/09	61	13	127	39	32	9	60	12
28/09					14	11	21	3
02/10				"	16	8	17	3
09/10				"	"	8	17	3

Tableau VII : Concentration de la solution du sol (en ppm) sous arachide
Z = 60 cm - Thilmakha 1984.

Les concentrations en N-NO₃, K, Ca et Mg aux côtes 30 et 60 cm sont deux à trois fois plus élevées sous le traitement avec Fumier,

Ceci crée des conditions d'alimentation minérale de la plante beau coup plus favorables.

Sous le traitement avec Fumier les pertes minérales par lixiviation sont nulles aussi bien sous mil que sous arachide.

Sous le traitement sans Fumier les pertes (en kg/ha) sous arachide à la côte Z = 150 cm sont :

	N-NO ₃	K	Ca	Mg
$\bar{x}$:	2.0	0.50	4.2	0.8
σ :	1.8	0.50	3.5	0.7

Ces **pertes** sont peu importantes car elles se sont produites à partir de la mi-septembre quand la concentration de la solution du sol est très faible. Ceci montre la liaison des pertes minérales avec les périodes de drainage au-delà du front racinaire de la plante. Si au cours de la première moitié du cycle végétatif de l'arachide des pluies importantes entraînent un drainage en profondeur, les pertes minérales par lixiviation seront importantes car durant cette période la concentration de la solution du sol est élevée.

Par contre, comme cette année, si le drainage en profondeur intervient lors de la deuxième moitié du cycle végétatif, les pertes minérales par lixiviation sont faibles.

334 - Densité racinaire

La méthode de prélèvements globaux pour l'estimation de la masse racinaire, plus précise que celle des prélèvements aux cylindres, requiert beaucoup plus de temps. La lourdeur de la méthode a fait donc que l'estimation de la densité racinaire a été réalisée seulement pour le mil cette année ; l'année suivante celle de l'arachide sera faite.

Au tableau VIII sont présentés les résultats obtenus.

H orizons	Avec Fumier	Sans Fumier
O-10 cm	54.3 + 30.1	31.8 + 18.8
10-20 cm	29.0 + 16.1	5.2 + 3.5
20-30 cm	18.3 + 9.1	4.3 + 1.9
30-50 cm	16.3 + 8.3	5.1 + 2.2

Tableau VII 1 : Densité racinaire (g/ m³) du mil à mi-cycle végétatif.

Ces résultats montrent que le système racinaire est plus dense sous le traitement avec fumier permettant ainsi une meilleure colonisation du sol par les racinaires.

Des observations qualitatives faites en profondeur révèlent que sous le traitement avec fumier les racines ne descendent pas en dessous de 1.40 m tandis que sous le traitement sans fumier elles dépassent la cote 1.70m.

Ces racines profondes permettraient au mil d'utiliser en fin de cycle les réserves hydriques en profondeur et expliqueraient la consommation hydrique plus grande observée, en fin de cycle, sur le traitement sans apport de fumier.

335 Rendements des cultures

Les rendements de l'arachide et du mil sont présentés au tableau IX.

Traitements	Arachide		Mil souba	
	Gousses (kg/ha)	Fanes (kg/ha)	Grains (kg/ha)	pailles (kg/ha)
L + F.M	537 ± 134	605 ± 8	125 ± 10	3398 ± 521
L + F.M + F	917 ± 43	1286 ± 81	486 ± 28	6041 ± 224

Tableau IX : Rendements de l'arachide et du mil

Thilmakha 1984

L : labour - F.M. : fertilisation minérale - F. : fumier.

Malgré la faiblesse de la pluviométrie totale (279 mm) et utile (229mm), les rendements sur le traitement fumier sont deux fois supérieurs à celui du traitement sans fumier.

L'effet du fumier sur les rendements peut s'expliquer par :

- une meilleure alimentation minérale résultant de l'amélioration de la fertilité chimique du sol ;
- un enracinement plus dense permettant à la plante de mieux utiliser les réserves hydriques et minérales du sol ;
- un ressuyage plus lent assurant à la plante, dans la zone d'activité racinaire intense, une disponibilité en eau plus importante ;
- une meilleure efficacité de l'eau caractérisée par un rapport kg de gousses ou de grains produits par mm d'eau consommé plus élevé (tableau ci-dessous) :

	kg de gousses produits par mm d'eau consommé	kg de grains produits par mm d'eau consommé.
L + F.M :	2.87	0.55
L + F.M + F :	4.11	2.11

Efficienc: de l'eau en présence et en absence de fumier

L : labour - F.M. : fertilisation minérale - F. : fumier.

IV CONCLUSIONS

Les faibles apports de fumier effectués en 1983 n'ont pas encore produits d'effets significatifs sur les rendements ni sur les caractéristiques chimiques du sol.

Ces effets seront suivis afin de déterminer à quel moment les apports cumulatifs de ces faibles doses induisent des augmentations de rendements et amé-

liorent les paramètres chimiques et hydrodynamiques du sol.

De même, par la mesure annuelle du pH du sol, on suivra les effets des amendements calciques pour définir les fréquences d'apports en fonction des doses appliquées.

La recherche des facteurs explicatifs de l'action du fumier à la dose de 10 t/ha tous les deux ans a permis de mettre en évidence les paramètres du sol et de la plante sur lesquels agit le fumier pour produire des accroissements de rendements très importants.

Et l'action qui apparaît la plus intéressante pour la zone centre-Nord caractérisée par une pluviométrie faible et souvent limitante est l'amélioration de l'efficacité de l'eau qu'induit le fumier en doublant la production de gousses ou de grains par mm d'eau consommé par la plante.