

CN0101403

ACADEMIE DE MONTPELLIER

UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DU LANGUEDOC

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE

## THESE

présentée à l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DU TROISIEME CYCLE, MENTION AGRONOMIE-PEDOLOGIE

# ANALYSE DES EFFETS INDUITS PAR L'INTENSIFICATION DES CULTURES SUR QUELQUES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES D'UN SOL FERRUGINEUX TROPICAL DU SENEGAL (NIORO DU RIP)

par

**Papa Leopold SARR**

soutenue le 16 DECEMBRE 198 1 devant la Comission d'Examen

### Jury

M. SERVAT	Président
M. JONARD	} Membres
M. DUPUIS	
M. PIERI	

~SOMMAIRE

	<u>Pages</u>
<u>AVANT- PROPOS</u>	
<u>INTRODUCTION</u>	1
<b>I. - <u>PRESENTATION DU MILIEU</u></b>	<b>3</b>
1. - <u>SENEGAL</u>	<b>3</b>
a) Climat	<b>3</b>
b) Végétation	<b>4</b>
c) Géologie	<b>5</b>
d) Géomorphologie et modelé actuel	<b>6</b>
e) Les grands types de sols	<b>7</b>
<b>II. - <u>PRESENTATION DU SITE DE NIORO-DU-RIP</u></b>	<b>9</b>
a) Climat - Végétation	<b>9</b>
b) Géologie et géomorphologie	<b>11</b>
c) Le milieu humain	<b>11</b>
d) Les sols	<b>13</b>
1. - Caractéristiques physiques	<b>15</b>
2. - Evolution du profil cultural	<b>16</b>
3. - Caractéristiques chimiques	<b>18</b>

III. - <u>MATERIEL ET METHODES</u>	22
1. - <u>DISPOSITIF D'ETUDE</u>	22
2. - <u>LE CHOIX DES TRAITEMENTS</u>	27
3. - <u>METHODES DE PRELEVEMENTS</u>	28
4. - <u>METHODES D'ANALYSE PHYSIQUE</u>	30
a) Mesures in situ	30
1. - Densitométrie	30
2. - Pénétrométrie	30
b) Mesures au laboratoire	31
1. - Mesure de la résistance mécanique à la pénétration sur mottes naturelles	31
2. - Sur échantillons remaniés (texturale)	32
3. - Mesure de la densité apparente sur mottes pénétrométriques	32
5. - <u>METHODES D'ANALYSE CHIMIQUE</u>	33
a) Méthode de détermination des formes d'azote organique	33
b) Dosage de l'azote soluble dans l'extrait KCL	35
1. - Extraction	35
2. - Dosage de L'azote minéral soluble	35
IV. - <u>ANALYSE DE L'EVOLUTION DES RENDEMENTS AGRONOMIQUES</u>	37
1. - <u>ACTION DES FACTEURS CLIMATIQUES</u>	37
2. - <u>EFFETS DES TRAITEMENTS</u>	43
a) Effet du travail du sol	44
b) Effet de la fumure	45
c) Conclusion	46

3.	-	<u>COMPARAISON GLOBALE DES TRAITEMENTS</u>	47
	a)	Arachide II	48
	b)	Sorgho	49
	c)	Maïs - Cottonnier	49
	d)	Conclusion	50
V.	-	<u>PRESENTATION DES RESULTATS DES ANALYSES PHYSIQUES ET CHIMIQUES</u>	51
1.	-	<u>ANALYSES PHYSIQUES</u>	52
	a)	Analyse de la porosité	52
	1.	- Données bibliographiques sur une méthode d'analyse des systèmes de porosité	52
	2.	- Résultats des analyses physiques	54
	b)	Résultats des mesures pénétrométriques	58
	1.	- Pénétrométrie au champ	58
	2.	- Pénétrométrie sur mottes naturelles et texturales au laboratoire	59
	c)	Evaluation de la densité racinaire de l'arachide	61
	d)	Etudes micromorphologiques	63
2.	-	<u>ANALYSES CHIMIQUES</u>	70
	a)	Mesures du pH	70
	b)	Matière organique et carbone total	71
	c)	Phosphore total et assimilable	73
VI.	-	<u>DISCUSSION</u>	83
1.	-	<u>EVALUATION DES BILANS MINERAUX APPARENTS</u>	85
	a)	Bilan du potassium	85
	b)	Bilan du calcium	85
	c)	Bilan de L'azote	86

2. ▀ <u>EVALUATION DES VARIATIONS RELATIVES DES STOCKS DE RESERVE MINERALE DU SOL</u>	86
a) Le stock de potassium	86
b) Le stock de calcium	87
c) Le stock d'azote	89
VII, ▀ <u>CONCLUSION GENERALE</u>	91
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	97
<u>ANNEXES</u>	101

## AVANT-PROPOS

L'expérimentation améliorations foncières a été menée dans le cadre de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (I.S.R.A.). Je remercie Messieurs les Directeurs de l'ISRA et du CNRA de Bambey pour les moyens qu'ils ont mis à ma disposition pour la réalisation de ce travail.

Que le chef du département agronomie - bioclimatologie de l'ISRA trouve ici le témoignage de ma gratitude pour son apport à ce travail et ses précieux conseils.

Le travail de laboratoire a été entièrement réalisé à la division d'agronomie de l'Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures vivrières (IRAT).

Je tiens à remercier très sincèrement Monsieur TOURTE, directeur de l'IRAT Montpellier, de m'avoir donné les moyens de travailler dans d'excellentes conditions.

Je remercie également toutes les personnes qui par leurs conseils, leurs encouragements ou leur collaboration, ont permis la réalisation de ce travail.

Je pense notamment à :

▪ Monsieur NICOU, chef du Service de Physique des sols de l'IRAT/GERDAT

▪ Monsieur PIERI, chef de la division d'agronomie de l'IRAT et chef du service de chimie des sols

▪ Monsieur BERTRAND, pédologue IRAT, chef du service de micromorphologie

---

- Monsieur MOINEREAU, Maître de conférence science du sol ENSAM
- Monsieur FORTIER, laboratoire de physique des sols IRAT, qui a beaucoup contribué à la réalisation de ce travail, qu'il trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance
- Monsieur EGOUMENIDES, laboratoire chimie des sols IRAT
- Monsieur FOL, technicien service micromorphologie de l'IRAT pour sa collaboration précieuse et amicale.

Je tiens également à exprimer toute ma reconnaissance à Monsieur SERVAT qui a bien voulu superviser ce travail et qui m'a consacré son temps précieux avec bienveillance et prodigué ses conseils précieux, à Messieurs JONARD, professeur à l'USTL, DUPUIS, maître de recherches INRA, PIERI, chef de la division d'agronomie de l'IRAT/Montpellier qui ont suivi ce travail et m'ont inspiré bien des voies de recherches et d'interprétations, enfin pour avoir accepté d'être membres du jury.

Je remercie très vivement Madame CAMMAL qui a assuré avec bienveillance la frappe de ce texte. Mes remerciements vont également à Monsieur LORENTE qui a permis très rapidement la parution de ce volume.

Que parents et amis trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude, pour le soutien moral et les encouragements qu'ils m'ont toujours apportés.

## INTRODUCTION

La faiblesse des rendements agricoles, plus précisément **celle** des cultures vivrières en conditions naturelles, représente Le principal problème de L'agriculture sénégalaise.

Le déficit céréalier quasiment endémique dans Les zones rurales oblige à introduire des techniques nouvelles en vue de relever Le niveau de production des cultures.

Dans cette région de L'Afrique au Sud du Sahara, L'intensification et La fixation de L'agriculture représentent Les seules voies **capables** d'améliorer Les rendements des cultures.

C'est dans ce cadre que La recherche agronomique a mis au point des systèmes d'intensification devant permettre non seulement d'augmenter de façon **substantielle** La production agricole mais encore de maintenir Le niveau de fertilité naturelle des sols, voire La déplacer vers une fertilité potentielle plus apte à cette production.

Après une première période d'études thématiques, on a procédé à La mise en place, vers Les années 60, d'un réseau de parcelles en **semi-vraie** grandeur (**400 m<sup>2</sup>**), destiné à tester La combinaison de deux facteurs à trois niveaux : travail du **sol** x fertilisation.

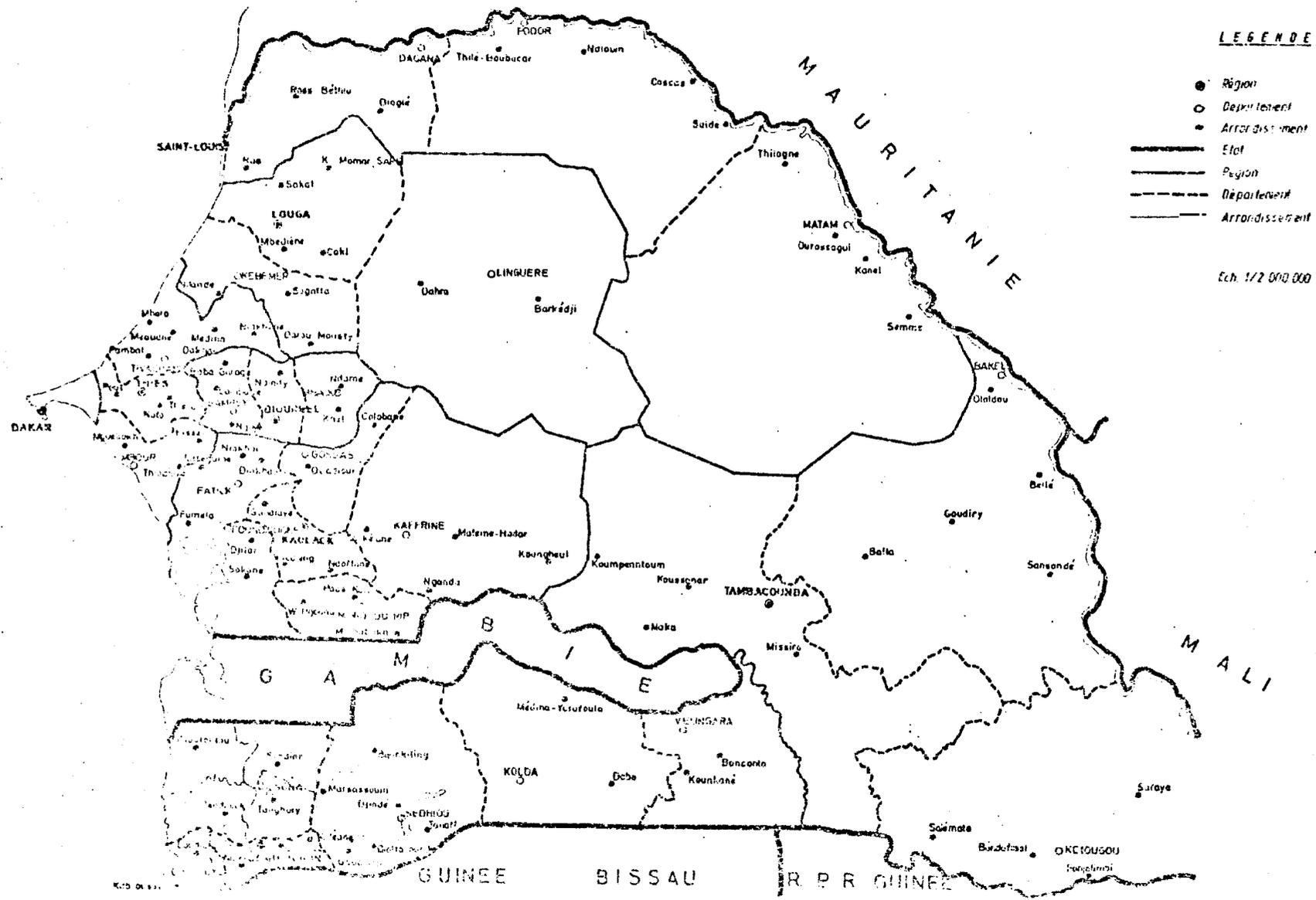
Ce dispositif a été implanté dans toutes Les écologies caractéristiques du Sénégal, Les méthodes à introduire devant tenir compte des impératifs Locaux.

A partir de ce dispositif à Nioro du Rip, nous avons constaté une évolution des rendements très différente en fonction des traitements appliqués..

Le but de cette présente étude est de voir si cet effet - traitement qui contribue à augmenter les rendements des cultures se manifeste sur le comportement du sol ; autrement dit est-il possible de déceler au niveau du sol des indices traduisant des évolutions différentes de la fertilité du sol sous l'action des traitements.

Pour ce faire, nous avons dans un premier temps envisagé de procéder à une étude du site de Nioro du Rip et de voir dans un deuxième temps si les résultats obtenus étaient confirmés en deux autres situations du Sénégal à savoir Thienaba au Nord et Séfa au Sud ; cette comparaison devait nous permettre de vérifier la validité des indices retenus.

Malheureusement cela n'a pas été possible et nous nous bornerons dans cette étude à caractériser dans le détail 1 le site de Nioro du Rip. La connaissance de l'évolution des différentes caractéristiques du sol sous l'effet des traitements à Nioro du Rip revêt une importance toute particulière dans l'effort de réalisation d'une agriculture intensive au Sénégal. En effet, les sols de Plateaux de la région de Nioro sont représentatifs d'une grande partie du bassin arachidier du Sénégal.



**LEGENDE**

- Région
- Département
- Arrondissement
- Etat
- Région
- Département
- Arrondissement

Ech. 1/2 000 000

## 1. - PRESENTATION DU MILIEU

### 1. - SENEGAL

Le Sénégal se trouve à l'extrême Ouest de l'Afrique occidentale. Il est situé entre les latitudes  $12^{\circ}30'$  et  $16^{\circ}30'$  Nord.

#### a) Climat

De par sa situation géographique Le Sénégal abrite toutes les nuances du climat tropical de rythme soudanien.

La conséquence fondamentale de cette position Latitudinale en est que L'agriculture y est sous la dépendance du climat ; d'une manière générale, ce climat se manifeste par L'alternance d'une saison sèche longue (6 à 9 mois) et d'une saison pluvieuse courte (3 à 5 mois).

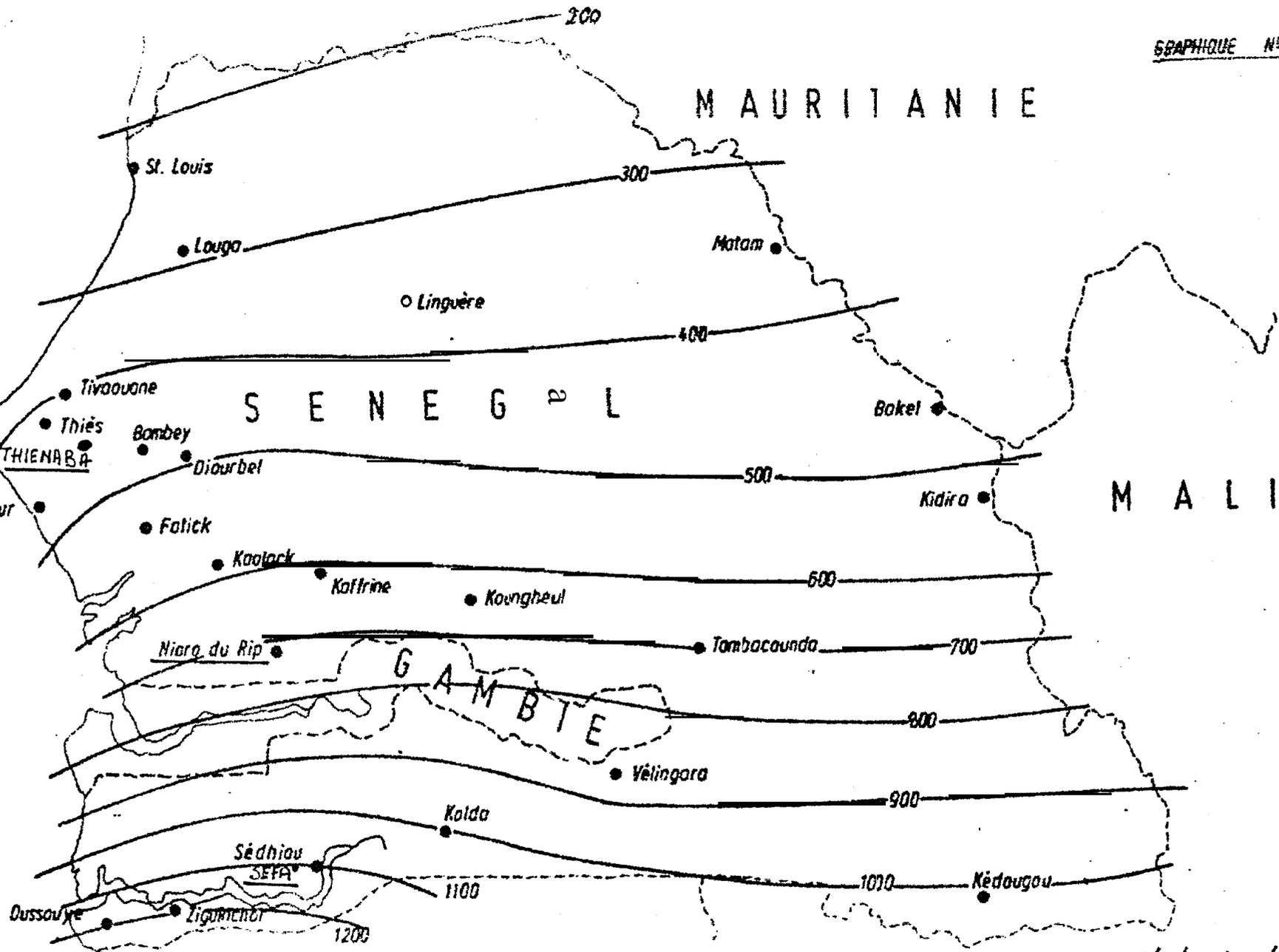
Schématiquement, on peut découper le Sénégal en trois zones caractéristiques :

- la zone Nord, depuis Le fleuve Sénégal jusqu'à La Latitude  $14^{\circ} 46'$  N. Cette zone est sous la dominance d'un climat sahélien à sahélo-soudanien avec une longue saison sèche et une moyenne annuelle des précipitations variant entre 200 et 600 mm.

- la zone Centre-Sud, marquée par un climat à caractéristiques soudano-sahéliennes avec des hauteurs de pluies comprises entre. 600 et 1200 mm et des pluies plus régulières.

Les températures moyennes annuelles sont de l'ordre de  $28^{\circ}\text{C}$ . Les variations entre minima et maxima sont importantes et de L'ordre de  $20^{\circ}\text{C}$ . L'évaporation Piche forte en saison sèche (10 mm/j) est plus faible en saison pluvieuse (2-3 mm/j).

ATLANTIQUE  
OCEAN



Pluviométrie en mm, de Juin à Octobre compris, atteinte ou dépassée dans ~~plus de~~ 80% des cas au Sénégal période 1931-1977

- Calculs effectués à partir des données brutes de la météorologie nationale = listing "Hydrologie ORSTOM"

- la zone Sud est sous la **dominance** d'un climat que BRIGAUD (1955) a qualifié de tropical sud-soudanien avec des hauteurs de pluies de 900 à 1600 mm. Les températures moyennes sont de l'ordre de 27°C, Les variations **minima/maxima** sont Les plus importantes de l'ordre de 30°C, t'évaporation Piche est de 13 mm/j en saison sèche et de 3 mm/j en saison des pluies.

Dans cette présentation simplifiée du climat, nous n'avons pas parlé des influences maritimes qui certes modifient Localement Les **climats** et créent des sous-types, mais dont Les effets de toute façon ne sont pas assez profondément ressentis sur Le continent.

Au delà de toute considération **zonale**, Le climat se manifeste, à peu de choses près, de ta même façon partout. En plus de L'alternance des deux saisons, La **pluviométrie** varie d'une année à L'autre et même au sein d'une saison pluvieuse. De plus, les pluies de juin-juillet revêtent un caractère orageux avec parfois des intensités pouvant atteindre 120 mm/h (FAUCK R., SEGUY L., TOBIAS C., 1969).

Le régime des vents est sous La **dominance** des alizés.

- vents secs continentaux venant du Nord et du Nord-Ouest en saison sèche,

- vents humides venant de l'**Ouest** et du Sud-Ouest en hivernage et qui apportent tes pluies.

## b) Végétation

Comme pour Le climat, La végétation obéit à une zonation qui se superpose avec **celle** du climat. IL faut signaler l'importance de l'action anthropique sur cette végétation qui fait qu'il est pratiquement impossible de reconstituer La végétation **climacique**.

### - La zone Nord

Cette zone peut être subdivisée en deux sous-zones **en** fonction de l'occupation humaine :

- la zone Nord-Ouest caractérisée par L'extension d'un tapis herbacé parsemé de quelques espèces arborescentes épargnées par le déboisement. Il s'agit d'espèces dont Les produits entrent dans l'utilisation pratique des habitants. Les principales sont représentées par les acacias, adansonio et parinari, etc...

- la zone Nord-Est

Cette zone est moins exploitée, c'est essentiellement une zone de pâturage transhumant caractérisée par L'apparition de taillis denses et quelques lambeaux plus ou moins importants de forêt relique.

- la zone Centre

Elle correspond à la zone climatique soudano-sahélienne et se trouve couverte par une forêt claire dominant un tapis herbacé de graminées vivaces. Le développement des combrétacées y est important. Les espèces arborescentes les plus représentées sont comme pour les autres zones celles qui sont couramment utilisées par Les populations.

- la zone Sud

Elle est recouverte par une forêt soudanienne ; on y trouve mélangées à la flore soudanienne des espèces guinéennes. Cette forêt domine soit un sous bois ligneux constitué de combrétacées et de bambous (*Oxythenanthera abyssinica*) soit un tapis herbacé de grandes andropogonées vivaces annuelles.

c) Géologie

Le substrat géologique du Sénégal est relativement homogène ; il s'agit de formations continentales détritiques grésos-argileuses qui se sont déposées à la fin du tertiaire et qu'on appelle "continental terminal".

D'après DIENG (1963-65) ces formations sont comprises entre les dépôts marins datés de l'Eocène inférieur et la latérite fini-Pliocène. Dans l'étude qu'il a faite de La bordure orientale du bassin sénégalo-mauritanien il subdivise ces formations en trois niveaux :

- continental terminal inférieur ou "assise de Nieri-Ko" avec des faciès gréseux et conglomératiques,

- continental terminal moyen dont Les formations sont corrélées avec les formations marines de l'**éocène** moyen,

- continental terminal supérieur corrélié avec les formations marines du **mio-Pliocène**. Il couvre la majeure partie du territoire sénégalais et est constitué de grès argileux **versicolores**.

Du point de vue stratigraphique, les quelques données fournies par les rares sondages montrent que la puissance de ce matériau est plus importante à L'Ouest qu'à L'Est. Tout se passerait comme si la nappe du continental terminal allait en s'épaississant d'Est en Ouest.

D'une manière générale, on observe la puissance des séries détritiques surmontant les séries marines et lacustres, ce qui traduit l'importance des phénomènes d'érosion par ablation - transport au cours de la dernière période géologique dans le bassin.

En ce qui concerne La pétrographie LEPRUN (1967) et CHAUVEL (1977) montrent que ce matériau ne renferme que des minéraux relativement résistants (quartz, kaolinite et sesquioxydes de fer accompagnés de quelques minéraux lourds).

#### d) Géomorphologie et modelé actuel

Les phénomènes géomorphologiques ont d'une manière générale marqué de toute leur empreinte les matériaux du continental terminal.

Les études de MICHEL (1960) montrent l'importance des phénomènes d'érosion, de transport, remaniement liés au développement des réseaux hydrographiques installés sur les vastes plateaux indurés. L'alternance des périodes de transgressions (**colluvionnement**) et de régression (**surcreusement**) constitue le moteur de l'évolution géomorphologique.

L'importance de ces phénomènes est à la mesure de la monotonie et de l'homogénéité de la topographie de ces régions. En effet, hormis le décrochement entre La presqu'île du Cap-Vert et le reste du continent marqué par La falaise de Thies qui se prolonge au Nord par le Mont Rolland avant de disparaître sous Les dunes côtières et au Sud par un ensemble d'accidents tectoniques dont Le Horst de N'Diass représente L'élément majeur, Le relief du Sénégal est monotone et très plat. Cette monotonie est renforcée dans sa partie septentrionale par un important ensablement (grand erg du Cayor, formations sableuses de l'ogolien) représenté par des alignements dunaires orientés NE-SO.

Le relief actuel est essentiellement constitué de vastes plateaux et buttes aplanies se raccordant par des pentes très faibles (1 à 2 %) à des dépressions largement ouvertes. Ces plateaux sont entaillés par un réseau de vallées fossiles à fond plat et colmaté ; ces vallées ne sont plus Le siège d'aucun écoulement elles ne jouent plus que Le rôle de collecteur d'eau ruisselée pendant La période pluvieuse.

Le tracé de ces vallées aurait été influencé par Les accidents tectoniques. IL est intéressant, à ce propos/ de noter que L'axe général des divers cours d'eau correspond aux axes de fracturations. Au niveau de la Casamance il s'agirait d'un mouvement de subsidence particulièrement sensible en bordure du littoral faisant rejouer de vieilles fractures.

#### e) Les grands types de sols

Nous avons essayé de présenter Les grands types de sols du Sénégal sous forme de tableau. Il faudrait compléter ce tableau par La répartition de ces sols et Leur importance relative à L'échelle du Sénégal.

Les sols sableux que certains auteurs (MAIGUIEN, 1959) ont qualifiés de sols bruns sub-arides, en raison de L'homogénéité de La répartition de la matière organique dans Le profil, sont essentiellement représentés dans La zone septentrionale du Sénégal. Ces sols sont formés sur un matériau sableux issu de L'erg quaternaire. La distinction fondamentale des sols formés dans cette zone est celle opposant les sols sur dunes ou sur épais matelas sableux aux sols de dépressions inter-dunaires, des bas-fonds. Ces sols de dépressions sont plus variés que Les sols "Diors" sur dunes en raison de La multiplicité des roches mères (grès argileux, grès calcaires, marnes...).

## LES GRANDS TYPES DE SOLS

TYPES DE SOLS	ROCHES MERES	POSITION TOPOGRAPHIQUE	CARACTERISTIQUES
Sols bruns sub-arides (Manguien 1959)	Sols "Diors" sur dunes de sable	Sables dunaires	Sols formés sur dunes de sable sur topographie plane
	Sols "dek"	■ marnes ■ grès calcaire ■ grès argileux	en position dépressioinaire (marigots, anciens bras de cours d'eau)
	Sols rouges typiques	Grès argileux du continental terminal	sur relief à profil convexe, systèmes de plateaux interfluviaux...
Sols rouges ferrugineux tropicaux lessivés sur roches et colluvions du continental terminal	Sols rouges lessivés à taches et concrétions	Grès argileux du continental terminal	sur plateaux
	Sols rouges de transition	sur matériau du continental terminal	localisés sur versants et Les zones de raccordement
Sols beiges de plateau	sur matériau du continental terminal	Ils se localisent sur les plateaux où le réseau hydrographique est discontinu et rare	■ horizons bien différenciés argileux plus de 50 % d'argile, lessivage important (taches et concrétions) ■ tendance à l'hydromorphie
Sols sulfatés acides et les "tann"	Formes sur d'anciennes vasières	Littoral Sud du Sénégal depuis la petite cote jusqu'en Casamance (Sud)	Population caractéristique de mangrove Sols salés à alcalis
Sols "holalde" et "dieri"	Alluvions fluviales	Le long de la vallée des fleuves	sols à caractéristiques verticales
Cuirasses ferrugineuses	Grès argileux Roches granitiques Roches volcaniques	■ Le sommet des plateaux ■ le long des axes de drainage	Surface d'érosion très Pentec impropre à la culture et irréversible

Les sols ferrugineux tropicaux lessivés (rouges et beiges) sont essentiellement représentés sur les plateaux de La zone Centre-Sud, Sud et Est du Sénégal. Ici Le manteau sableux est remplacé par les grès détritiques du continental terminal. Les sols sulfatés acides du littoral Sud-Ouest, les sols vertiques de la région du fleuve et le long des cours d'eau importants sont très peu représentés et sont fonction de conditions écologiques particulières.

En conclusion, nous pouvons dire que la grande majorité des sols du Sénégal sont représentés par les sols bruns sub-arides et les sols rouges et beiges de plateaux. L'unité de la roche mère est à l'origine de La grande homogénéité qui caractérise ces sols sur de très vastes étendues. IL est cependant intéressant de noter que les sols de versants et de bas-fonds échappent à cette régularité ce qui fait de ta topographie un facteur naturel important de différenciation pédologique.

## II. - PRESENTATION DU SITE DE NIORO-DU-RIP

Les coordonnées géographiques du point d'essai de Ni oro du Rip sont les suivantes :

- 13° 44' latitude Nord
- 15° 47' longitude Ouest

### a) Climat - Végétation

Les études de DANCETTE (1979) sur la période 1931-1975 montrent que la pluviométrie atteinte ou dépassée dans au moins 80 % des cas situent La zone de Ni oro à 800 mm. Comme nous l'avons vu dans La présentation générale, ce climat est très agressif (fortes pluies, alternance de périodes d'excès d'eau et de déficit hydrique).

Du point de vue des équilibres pluviothermiques et évapotranspiration potentielle DANCETTE (1973) met en évidence l'opposition entre une période humide (juin-octobre) durant Laquelle La pluviométrie est très supérieure à l'ETP et une période sèche marquée par l'absence totale de pluies avec de fortes valeurs de l'ETP.

Evolution de la pluviométrie à Nioro du Rip 1963-1980

	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972
Moyenne des pluies en mm	777	875	432	914,3	1051	493,5	1000	595,3	738,7	493,8
Nombre de jours de pluie	68	67	45	72	69	46	67	46	52	38

	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Moyenne des pluies en mm	576,8	628,7	1015,8	760,3	514,6	757,4	769,7	523
Nombre de jours de pluie	41	49	57	54	36	55	54	40

La végétation naturelle de cette région est une forêt claire complètement dégradée par l'action de l'homme, cette action se manifeste par l'intermédiaire des feux de brousse, du défrichement et du pâturage.

La zone se présente actuellement sous forme de Parc à *Cordyla pinnata* avec des combretacées (*combretum glutinosum* et *guiera senegalensis*). BERTRAND (1973) a qualifié La' région de Nioro comme étant une mosaïque de formations simples et complexes ligneuses ou herbacées.

## b) Géologie et géomorphologie

La géologie de Nioro du Rip comme pour toute la partie méridionale du Sénégal est marquée par Le continental terminal.

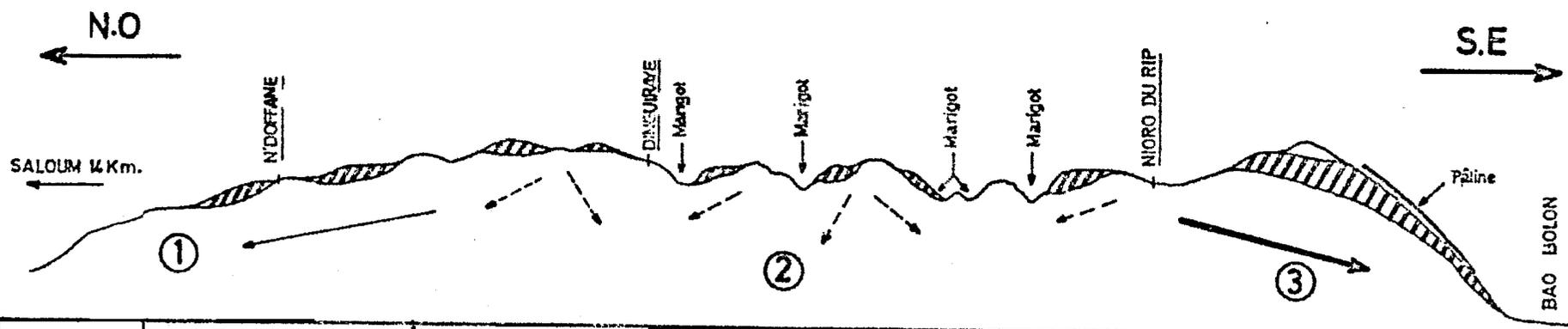
La géomorphologie comme pour l'ensemble du territoire a évolué sous le rythme des alternances transgression/régression. La période oulgienne est très marquée dans cette région (Marigot de Nioro). La situation de cette région à mi-chemin entre deux réseaux hydrographiques hiérarchisés (le saloum au Nord et le Bao Bolon au Sud) lui confère une évolution géomorphologique assez particulière ainsi que le modelé qui en est résulté.

Les plateaux sont ceinturés par des séries de cuirasses ferrugineuses dont la répartition suit un axe NO-SE ; cet axe correspond à la ligne des anciens axes de drainage reliant d'une part le réseau en pleine dégénérescence du satoum avec des axes peu actifs (cuirasses discontinues et peu épaisses) d'autre part Le réseau jeune du Bao Bolon avec des axes de drainage plus actifs (cuirasses continues et épaisses). La mise en place de ces cuirasses a été corrélée avec l'abaissement des nappes phréatiques au quaternaire.

## c) Le milieu humain

Dans un passé récent, les régions situées entre Gambie et Saloum étaient occupées par des villages "toucouleurs" et "wolofs" assurant un peuplement discontinu à l'Est. A l'Ouest, nous avons des villages "sereres", "soce" et "niominka" ; ces deux groupes étaient séparés par d'épaisses forêts.

Ces territoires lointains et difficilement accessibles ont servi dans La deuxième moitié du XIX<sup>e</sup> siècle de refuge à des insoumis, ces derniers étaient pour la plupart représentés par des wolofs et toucouleurs qui, Le plus souvent, se regroupaient autour de chefs religieux guerriers dont le plus populaire fut sans doute Amadou Ba dit Ma Ba Diakhou. Ces guerres politico-religieuses entraînèrent des mouvements de population qui contribuèrent à la mise en place du peuplement actuel.



Drainage.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sud - Nord.</li> <li>- Ancien axe de drainage peu actif</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sans directions privilégiées , incertain peu efficace , engorgements.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- N.O. - S.E.</li> <li>- Ancien axe de drainage très actif</li> </ul>
Type et aspect des cuirasses.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gravillonnaire, de faible épaisseur, discontinue.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- de faible développement, sans orientation précise, souvent remaniée en blocs sur dalles.</li> <li>- (Actuel: cas de carapace en formation sur plateau engorgé - Daro Salam.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuirasse continue, bord de plateau et pente - Pâline superficielle.</li> </ul>
Principaux types de sols.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sols lessivés et concrétionnés peu hydromorphes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sols lessivés</li> <li>- Sols à taches et concrétions hydromorphes</li> <li>- Sols rouges de butte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lithosols.</li> </ul>

Echelles:  $1\text{cm} = 2\text{km}.$   
 $1\text{cm} = 10\text{m}.$



Il y a eu d'abord et pour la cause de la guerre sainte un premier flot d'immigrants wolofs et toucouleurs venus du Nord. Parallèlement une partie de la population sérère hostile à l'islam s'est retirée et est allée s'installer de l'autre côté du Saloum sur la petite côte.

Il subsistait malgré tout dans cette région encore d'immenses surfaces vacantes.

A partir des premières années du XX<sup>e</sup> siècle se déclenche une nouvelle vague d'immigration qui devait aboutir à l'occupation totale des terroirs. Ces mouvements de population ont cette fois pour but la mise en valeur des terres fécondes du Sud au bénéfice de l'arachide. Ce flot d'immigrants important et continu est constitué essentiellement de wolofs venus du Cayor, Baol et du Djolof. Cette immigration se poursuit de nos jours et finit de faire de ces régions un pays totalement wolof. Ceci est plus marqué dans le Rip où les premiers immigrants s'étaient fixés et où, par la suite, ils ont constitué après des entités d'accueil pour les nouveaux arrivants.

Cette augmentation de la population s'est accompagnée d'une forte déforestation par défrichement. Les villages qui s'installent défrichent tout autour du village en clairières auréolaires qui, avec les exigences de la culture de l'arachide et la multiplication des villages, deviennent bientôt contigues. La forêt se trouve ainsi totalement détruite à l'exception de quelques sites classés.

Ainsi, toute la zone du Rip est transformée en parcs à cordyla parsemés de place en place de taillis de combretum où la culture d'arachide s'étale à perte de vue. Il faudrait pour compléter cette étude démographique parler des travailleurs saisonniers ou "navétanes" dont le nombre jusqu'en 1957 atteignait 30 000/an dont un certain nombre s'est établi définitivement dans la région (PELLISSIER). Ce peuplement très hétérogène a été unifié par la forte wolofisation et l'islamisation de l'ensemble de la population.

Avant l'arrivée des colons venus du Nord, cette région avait une agriculture essentiellement vivrière ; on y cultivait du mil, du sorgho, du maïs et très peu d'arachide. Le sorgho en raison des caractéristiques du milieu

(écologiques, édaphiques) était la culture dominante comme peut en témoigner La multiplicité des espèces Locales.

Les particularités climatiques et pédologiques ont entraîné pour les nouveaux arrivants des modifications de l'outillage agricole.

En raison de La lourdeur des sols plus argi leux que les "diors" du Nord ainsi que la plus grande régularité des pluies et le développement plus rapide des adventices l'"î ler" employé dans Le Nord est remplacé par Le "sokh-sokh" ; il est caractérisé par un fer en forme de croissant comme pour l'îler mais le manchon beaucoup plus court permet un travail plus précis et plus profond. Son usage contrairement à celui de l'îler où on est debout, exige que L'on soit accroupi. L'emploi de La traction équine dans le Nord est pour la même raison dans plusieurs cas remplacé par la traction bovine. A ce propos, L'intégration élevage agriculture dans ces régions a joué un rôle déterminant dans le développement de La traction bovine.

Cette région est caractérisée par une spécialisation nulle part aussi exclusive dans La production d'arachide.

Sur les champs situés en dehors du voisinage immédiat du village "tolkeur", l'alternance arachide - mil a disparu ; les champs portent chaque année de L'arachide avec des semis intercalaires de mil plus ou moins réguliers servant de complément vivrier. Les périodes de jachères tendent sinon à disparaître du moins à être de plus en plus brèves. On assiste ainsi à un épuisement accéléré de La fertilité des sols.

Cette zone d'occupation récente offre un paysage agraire d'une monotonie désespérante en raison de l'uniformité des méthodes de défrichement et de la culture d'arachide.

#### d) Les sols

Les sols de la station expérimentale de Nioro du Rip appartiennent aux sols ferrugineux tropicaux peu lessivés sans taches ni concrétions sur colluvions du continental terminal. IL s'agit plus exactement d'un intermédiaire

entre les sols dits "faiblement ferrallitiques" et les ferrugineux tropicaux lessivés.

Les sols évoluent sous l'action d'un certain nombre de phénomènes intervenant simultanément :

- entraînement d'éléments fins solubles au niveau des horizons supérieurs qui aboutit à un appauvrissement chimique quelque fois irréversible, Les éléments entraînés étant éliminés le long des axes de drainage,

- **démantèlement** des parties hautes de La pente par Le ruissellement et comblement des zones basses ; L'épaisseur des sols augmente avec la pente de même que la texture argileuse. La différenciation des horizons **pédologiques** devient meilleure avec l'augmentation de L'épaisseur des sols dans les zones basses.

D'autre part, l'importance des phénomènes géomorphologiques (surcreusements, ablation, transports) a engendré un matériau dérivé du grès argileux du continental comme roche-mère des sols.

Ce type de **sol** présente généralement des traces de remaniement sur L'ensemble du profil en relation avec Les phénomènes de transports.

Toutes ces considérations permettent d'établir des relations génétiques de type **sol** ■ topographie ■ géomorphologie.

Sauf exception, ces sols ne reposent jamais sur cuirasse ferrugineuse et les phénomènes de ségrégation du fer y sont rarissimes voire inexsistants.

Ils sont caractérisés par l'opposition très nette entre Leurs horizons supérieurs sableux appauvris et les horizons sous-jacents compacts et plus argileux.

## 1. - Caractéristiques physiques

Comme nous le disions dans ta présentation du milieu, les formations du continental terminal représentent Les roches mères des sols. Elles sont constituées de minéraux très résistants et ne peuvent être fortement affectées que par des processus de différenciation pédologique, favorisant Les phénomènes d'organisation et de réorganisation plutôt que Les processus de transformation minéralogique et chimique. L'essentiel des minéraux qu'on y trouve sont hérités de ce matériau originel et sont représentés par du quartz, des oxy-hydrates de fer de l'argile kaolinique et de quelques minéraux lourds.

Les caractéristiques physiques de ces sols seront liées d'une part à la nature sableuse de leur horizon de surface et, d'autre part, à la nature de l'argile qu'ils contiennent.

En effet, les résultats de l'analyse granulométrique montrent que le taux d'argile augmente rapidement avec la profondeur, d'autre part l'analyse minéralogique (rayons X) met en évidence la prédominance de la kaolinité dans la phase argileuse ; on y rencontre quelques interstratifiées et quelques argiles micacées. La kaolinite des horizons superficiels présente une meilleure cristallinité que celle des horizons sous jacents (amplitude des pics).

La faible amplitude des phénomènes de gonflement/retrait empêche toute fissuration du sol. La structure naturelle des sols est très peu favorable:

- dans l'horizon 0 - 10 cm on a une structure grumeleuse grossière à polyédrique qui est due à l'action de la faune et de la flore (racines essentiellement),

- dans l'horizon 10 - 30 cm, la structure est polyédrique anguleuse tendant vers une structure massive avec de gros agrégats (10 à 40 mm).

Au delà de cette limite, le profil se présente en une masse continue compacte sans structuration apparente.

A l'état sec, tout durcit et se prend en masse.

La porosité des sols varie également avec la profondeur, Les résultats des mesures effectuées montrent qu'elle augmente avec la profondeur. Cette augmentation peut s'expliquer soit par l'effet néfaste de la pluie et du piétinement en surface qui contribue à diminuer la porosité du sol, soit par une meilleure structuration des horizons sous-jacents en rapport avec l'augmentation du taux d'argile.

Leurs caractéristiques hydriques sont les suivantes :

- bon drainage interne en fonction de leur position topographique à mi-pente entre les buttes cuirassées et les thalwegs,
- la capacité de rétention d'eau est faible, les valeurs moyennes sont de l'ordre de 12 % d'humidité pondérale,
- l'eau utile varie en surface entre 4 et 7 %.

## 2. - Evolution du profil cultural

L'évolution du profil cultural de ces sols au cours de l'année leur confère un comportement mécanique assez particulier. Cette évolution s'effectue en deux phases marquées par des processus nettement différents.

### - Durant la période des pluies

Le fait dominant en ces instants est l'action des pluies à forte intensité..

Le caractère extrêmement agressif des pluies constitue un véritable facteur de dégradation. CHARREAU par le calcul de k (coefficient de susceptibilité des sols à l'érosion) montre que l'importance des manifestations de l'érosion s'explique bien plus par le caractère très agressif des pluies que par une fragilité particulière des sols.

Cette action des pluies se manifeste sur le sol par deux phénomènes :

- un tassement qui induit la destruction de la structure et la baisse de la porosité,
- un phénomène de battance ou plus exactement un effet splash 'qui se manifeste surtout en début de saison pluvieuse lorsque le couvert végétal n'est pas encore bien développé.

Ce phénomène entraîne d'une part un colmatage et, d'autre part, accentue les appauvrissements (les éléments fins mis en solution sont entraînés par les eaux de ruissellement et éliminés du profil).

Pendant toute cette période, la cohésion du sol (à cause de l'humidité) est très faible.

#### - En saison sèche

On remarque à la partie supérieure du profil la présence de racines et de galeries, d'origine biologique, comblées par des éléments sableux grossiers et fins.

L'évaporation intense et l'absence totale de pluie pendant cette période favorisent le dessèchement du profil. Le profil desséché apparaît compact et uniforme, les éléments structuraux sont de taille variable ; il s'agit plus exactement d'éclats qui, soumis à la pression des doigts, deviennent pu lvrulents.

La cohésion du sol durant cette période augmente considérablement ; cette augmentation de la cohésion est en grande partie responsable de ce qu'on appelle le phénomène de "prise en masse".

A l'état actuel des connaissances, nous ne pouvons définir avec précision la prise en masse. Plusieurs facteurs, tels que la texture, la porosité, l'humidité du sol et la vitesse de dessiccation, interviennent simultanément sur la prise en masse sans que tous les mécanismes qui t'engendrent

ne soient encore clairement élucidés. Tout au plus, on peut le constater par un ensemble de mesures (NICOU, 1978) :

- détermination d'une porosité dite de "structure". Lorsque le sol est pris en masse, les variations de porosité relatives à la taille des agrégats est faible, ce qui met en évidence l'absence d'éléments structuraux individualisés.

- par des mesures pénétrométriques, des mesures des efforts de traction et par l'observation du profil **cultural**.

Plusieurs auteurs ont cherché à mettre en évidence les mécanismes de création de la prise en masse. Les premières hypothèses avancées faisaient intervenir le rôle de la silice colloïdale présente dans ces sols en quantités certes faibles, mais de façon constante et du fer.

Les études récentes menées par SPECKLIN (1977) montrent que ces éléments considérés seuls n'intervenaient pas directement dans le processus de prise en masse.

D'autre part, ces études ont mis **l'accent** sur l'importance du rôle que joue la matière organique liée au ciment argilo-fer dans cette prise en masse.

### 3. - Caractéristiques chimiques

Les **sols** de la région de Nioro du Rip, comme la plupart des **sols** sénégalais, sont avant tout pauvres en **éléments** chimiques. Leur pauvreté naturelle est renforcée d'une part par l'absence de restitutions chimiques et organiques pour compenser les exportations des cultures dans les exploitations paysannes **et**, d'autre part, par les pertes d'éléments minéraux entraînés dans les eaux de drainage et de ruissellement.

De nombreuses études relatives à ce dernier point ont été réalisées au Sénégal. Nous en citerons quelques unes pour bien montrer l'importance des phénomènes de lixiviation et **d'appauvrissement** dans ces sols.

Ainsi, BONFILS et CHARREAU (1962) montraient qu'un drainage important atteignant les deux mètres de profondeur se réalisait en août et septembre avec entrainement d'éléments minéraux. Si Les hauteurs d'eau de drainage variaient Leur concentration en éléments minéraux, par contre, ne varient pas. Les plus fortes concentrations de cations des eaux de drainage concernent Le calcium (Ca) le magnésium et à un degré moindre Le potassium.

Les principaux anions sont représentés par le chlore, les nitrates, les sulfates et Les bicarbonates.

CHARREAU C., FAUCK R. (1970) dans une étude effectuée sur sols du Sénégal ont estimé quantitativement Les pertes en éléments chimiques :

- 30 kg/ha de N
- 20 kg/ha de K<sub>2</sub>O
- 150 kg/ha de CaO

Plus récemment PIERI (1978) dans L'étude de La composition de La solution du sol d'un sol sableux du Sénégal à l'aide de capteurs en céramique poreuse a mis en évidence d'irnpotants phénomènes de Lixiviation. IL montre dans cette étude que Le calcium est l'élément Le plus entraîné (15 kg/ha de CaO) vient ensuite l'azote (8 kg/ha) et Le potassium très bien Lessivé (2 kg/ha de K<sub>2</sub>O). Il montre en plus que l'utilisation de KCl comme engrais accroît fortement les pertes en Ca (27 kg/ha de CaO).

BLONDEL (1971) par une étude menée sur parcelles cultivées et nues à Nioro montre que la minéralisation de La matière organique est très active en début de cycle. Le taux d'azote minéral sans apport d'engrais atteint très vite 106 kg/ha et est réparti de façon homogène dans tout le profil. On note une décroissance rapide du taux d'azote minéral après cette phase de minéralisation active pendant que se développe une intense activité nitrifiante comme peut en témoigner à différents stades Le rapport azote nitrique/azote ammoniacal 1 :

	7/7	21/7	24/7	4/8
% $\frac{AN}{AA}$	0,5	0,6	4,1	4,0

Dans le cas d'un apport d'engrais (urée) l'ammonification se fait plus ou moins rapidement. On a un premier pic d'ammoniac dans l'horizon 10-20 cm vers le 24/7 et un deuxième dans l'horizon 20-40 cm vers la mi-août. La nitrification comme précédemment suit rapidement l'ammonification et les quantités de nitrates passent rapidement de 53 kg/ha le 24/7 à 134 kg/ha le 4/8.

Une partie de ces éléments nutritifs est soit exportée par les plantes dans le cas des parcelles cultivées, soit éliminée au niveau des parcelles nues. La quantité de nitrates restant après la mi-août étant évaluée à 25 kg/ha.

GANRY (1970) dans une étude en microlysimètres consacrée à la décomposition de plusieurs types de résidus de récolte, montre que la fraction organique composée de résidus dont le diamètre est supérieur à 2 mm disparaît totalement dès la première année dans le cas de la matière verte. Par contre, la paille compostée et les racines dans cette fraction résistent fortement à la biodégradation la première année mais disparaissent totalement la deuxième année. Cette biodégradation affecte du reste et de façon importante tout le stock de matière organique libre.

De l'ensemble de ces études se dégagent deux constatations fondamentales :

- d'une part, la tendance quasi générale des sols à la lixiviation,
- d'autre part, la vitesse de biodégradation de la matière organique.

Cette "fusion" de la matière organique en plus des facteurs écologiques (humidité, chaleur) s'expliquerait par l'explosion de la microfaune au moment des premières pluies.

Les mesures des différents paramètres chimiques effectuées sur les échantillons de sols reflètent ces tendances.

Les valeurs des différents paramètres chimiques mesurés sont les suivantes (tableau représentant Les mesures effectuées sur sol de bordure de l'essai amélioration foncière analyse du profil).

Profondeur		0-8cm	8-30cm	30-140cm
Granulométrie	Argile %	8,5	13,4	28,6
	Limon %	2,7	2,1	3,3
	Sable très fin %	9,9	10,4	10,4
	Sable fin %	51,9	44,6	31,4
	Sable grossier %	25,7	29,9	26,2
M. O.	Matière organique %	1,29	0,47	0,34
	Carbone %	0,75	0,27	0,20
	Azote total %	0,58	0,52	0,30
	Rapport C/N %	13	8	7
Phosphore	Phosphore total ( $P_2O_5$ ) ppm	30	71	81
	Phosphore assimilable ppm	8	7	6
Complexe absorbant	Ca m.e. pour 100 g	2,78	1,71	1,61
	Mg m.e. pour 100 g	0,63	0,46	0,92
	K m.e. pour 100 g	0,08	0,03	0,08
	Na m.e. pour 100 g	0,01	0,01	0,01
	Somme des bases sm. e. %	3,50	2,21	2,62
	Capacité d'échange CEC	3,83	2,74	4,65
	Saturation $V = \frac{s \times 100}{CEC}$	91	81	56
pH	pH eau	6,70	6,50	6,05
	pH KCl	5,70	5,60	5,15

Le pH varie très peu avec La profondeur, il est légèrement acide. Il existe en plus une différence de l'ordre d'une unité pH entre le pH eau et le pH KCl, ce qui est un indice de la tendance de ces sols à l'acidification on verra par la suite que La mise en culture et l'emploi des engrais minéraux renforcent cette tendance à l'acidification.

La matière organique est très peu importante, sa répartition varie avec La profondeur de 1,29 % en surface (0 - 8 cm), elle passe à 0,34 % en profondeur. Cette matière organique est représentée essentiellement par les résidus de récolte et en particulier par les racines. De même l'azote total varie avec la profondeur, Le rapport C/N est de 13 % en surface.

Le complexe absorbant est très pauvre ; cette pauvreté est due à la faible quantité des **colloïdes** minéraux et organiques et surtout à la nature de ces derniers. **PIERI (1977)** explique que les propriétés électro-chimiques de surface des **colloïdes** de ces sols sont fortement modifiées par la présence d'enrobements de silice colloïdale. Le **pouvoir** tampon des sols est très faible en relation avec la grande quantité de sables quartzeux inactifs qu'ils renferment.

La fixation du phosphore dans ces sols est très faible comme en témoigne Les quantités de phosphore assimilable.

### III. - MATERIEL ET METHODES

#### 1. - DISPOSITIF D'ETUDE

Cette étude vise à aider à une appréciation régionale de la potentialité de production des terres. Cette appréciation se fera par L'implantation de champs d'amélioration foncière à effet de longue durée avec introduction progressive de pratiques nouvelles. Elle comporte deux aspects :

- un rôle d'information du milieu rural en général,
- un rôle d'adaptation régionale ou locale des thèmes confirmés par l'expérimentation.

L'intérêt de cette étude est aussi de montrer aux paysans qu'il est possible de maintenir ou d'améliorer en permanence la fertilité des sols par **des** méthodes à la portée de tous ceux disposant d'un petit matériel d'équipement et adaptées à leur intention en fonction des impératifs locaux (semences sélectionnées, chaîne de culture attelée bovine, engrais).

C'est dans cet esprit qu'il faudra appréhender les modifications introduites dans le dispositif au cours de sa réalisation en rapport avec la capacité d'équipement en matériel du monde paysan.

A L'origine, L'assolement retenu était quadriennal avec Les successions **culturales** suivantes : régénération ■ arachide I ■ sorgho ■ arachide II.

Le terrain est divisé en quatre blocs représentant chacun une phase de La rotation ; chaque bloc est divisé en 9 parcelles de 20 m x 20 m représentant chacune un traitement. Si la disposition des blocs n'est pas rigoureuse **celle des parcelles** l'est par contre strictement. Le dispositif n'est pas répété, il est unique pour un point d'expérimentation donné.

Les traitements résultent de la combinaison des facteurs travail et fumure à trois niveaux :

N° parcelle:	Nature du travail 1	Niveau fumure
1	Grattage superficiel à l'îler	Fo : sans fumure
2	Grattage superficiel à l'îler	F2 : Fumure NPK annuelle
3	Grattage superficiel à l'îler	Fg : Fumure forte NPK
4	Houe sine	Fo : Sans fumure
5	Houe sine	F2 : NPK annuelle
6	Houe sine	F3 : NPK fumure forte
7	Culture attelée lourde	Fo : sans fumure
8	Culture attelée lourde	F2 : NPK annuelle
9	Culture attelée Lourde	F3 : Fumure forte NPK

Ce dispositif initial a subi d'importantes modifications en cours de réalisation tant sur Le plan de La fertilisation et du travail que sur les successions culturales.

En effet, comme le montre Le tableau retraçant l'histoire des blocs à Nioro, Les cultures de la rotation quadriennale ont subi d'importantes modifications.

Années	Sole I	Sole II	Sole III	Sole IV
1963	Jachère	Arachi de I	Sorgho	Arachi de II
1964	Arachi de I	Sorgho	Arachi de II	Jachère
1965	Sorgho	Arachi de II	Jachère	Arachi de I
1966	Arachi de II	Jachère	Arachi de I	Sorgho
1967	Jachère	Arachi de I	Sorgho	Arachi de II
1968	Arachi de I	Sorgho	Arachi de II	Jachère
1969	Sorgho	Arachi de II	Jachère	Arachi de I
1970	Arachi de II	Jachère/mil	Coton	Sorgho
1971	Jachère	Coton	Sorgho	Arachi de II
1972	Coton	Sorgho	Arachi de II	Mil
1973	Sorgho	Arachi de II	Maïs	Coton
1974	Arachi de II	Maïs	Coton	Sorgho
1975	Maïs	Coton	Sorgho	Arachi de II
1976	Coton	Sorgho	Arachi de II	Maïs
1977	Sorgho	Arachi de II	Maïs	Coton
1978	Arachi de II	Maïs	Coton	Sorgho
1979	Maïs	Coton	Sorgho	Arachi de II
1980	coton	Sorgho	Arachi de II	Maïs

Ce tableau montre que l'arachide I est remplacé en 1970 par Le coton. Compte tenu également de la disparition de plus en plus importante de la pratique de la jachère en raison des impératifs de la culture de L'arachide dans Le monde rural la sole de régénération a été remplacée en 1973 par la culture du'mais dans le dispositif.

#### Modifications du travail du sol

En raison de l'évolution de l'équipement en matériels agricoles dans le milieu rural (diffusion de la traction bovine). Le travail du sol a été modifié en 1976 :

■ le niveau T<sub>0</sub> anciennement représenté par un grattage superficiel à l'iler devient T<sub>1</sub> avec emploi de la houe sine,

■ le niveau T<sub>1</sub> (ancien traitement 5 travaillé à la houe sine) devient T<sub>2</sub> avec labour à 12-15 cm en traction bovine,

■ le niveau T<sub>2</sub> devient T<sub>3</sub> traction bovine lourde, labour 18-24 cm et passage canadien.

Pour les modifications intervenues dans la fumure, nous allons par souci de clarté les présenter sous forme de tableau et par cultures.

De toutes les cultures, seule celle de l'arachide 1 n'a pas subi de modification ni pour la fumure, ni pour le travail du sol.

■ Arachide II

Traitement 5

150 kg/ha de 6-20-10 jusqu'en 1976  
A partir de 1976 150 kg/ha de  
8-18-27

Traitement 9

85 kg/ha de KCl de 1963-1966  
50 kg/ha S<sub>04</sub> (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> en 1967  
50 kg/ha S<sub>04</sub> (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> + 100 kg/ha KCl  
en 1968 et 1969  
50 kg/ha S<sub>04</sub> (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> + 90 kg/ha KCl  
+ 60 kg de supertriple en 1970 et  
1971  
150 kg/ha de 7-21-29 en 1972-73  
A partir de 1974 150 kg/ha de  
8-18-27

■ Sorgho

Traitement 5

A partir de 1963 jusqu'en 1980  
150 kg/ha de 14-7-7

Traitement 9

Jusqu'en 1965 300 kg/ha de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> S<sub>04</sub>  
1966-67 300 kg/ha de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> S<sub>04</sub>  
+ 85 kg/ha de KCl  
1968-69 150 kg/ha d'urée  
+ 85 kg/ha KCl

1970-71 50 kg/ha de  $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$

+ 50 kg/ha de supertriple

+ 50 kg/ha KCl

+ 150 kg/ha d'urée

A partir de 1972 jusqu'en 1980

150 kg/ha de 10-21-21

+ 150 kg/ha d'urée

### ■ Cotonnier

#### Traitement 5

1970 et 1971 :

60 kg/ha de  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$

+ 22 kg/ha de KCl

+ 28 kg/ha de bi cal ci que

+ 150 kg/ha de 10-10-18-11 S

1972-1973

150 kg/ha de 10-14-18

A partir de 1974

150 kg/ha de 8-18-27

+ 50 kg/ha d'urée

#### Traitement 9

1970 et 1971 :

50 kg/ha de  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$

+ 50 kg/ha de supertriple

+ 90 kg/ha de KCl

+ 75 kg/ha d'urée

1972 et 1973

150 kg/ha de 7-21-29

+ 75 kg/ha d'urée

A partir de 1974

150 kg/ha de 8-18-27

+ 50 kg/ha d'urée

### ■ Maïs

#### Traitement 5

de 1973 à 1977

150 kg/ha de 8-14-18

+ 100 kg/ha d'urée

A partir de 1978

100 kg/ha de 8-18-27

+ 100 kg/ha d'urée

#### Traitement 9

1973 et 1974 :

300 kg/ha de 8-14-18

+ 200 kg/ha d'urée

A partir de 1975

200 kg/ha de 8-14-18

+ 200 kg/ha d'urée

A partir de 1975, une fumure organique a été apportée sur les parcelles 3, 6 et 9 sous forme de fumier à raison de 5 tonnes/ha de matière sèche sur la sole devant être cultivée en sorgho.

Toutes ces modifications ont été introduites dans Le système en cours de réalisation au fur et à mesure que La capacité d'acquisition de matériels agricoles du monde rural augmentait afin de mieux répondre aux impératifs Locaux du paysannat.

## 2. ■ LE CHOIX DES TRAITEMENTS

Il nous était impossible dans cette présente étude de prendre en compte l'ensemble des traitements du dispositif expérimental.

Nous avons procédé à un choix de trois traitements assez contrastés en vue de mettre en évidence des différences. Les traitements retenus sont Les suivants :

### • Traitement 1 ou témoin

Le témoin ne reçoit pas de fumure ( $F_0$ ). Le travail du sol était au départ effectué sous forme de grattage superficiel à l'her comme dans Le système traditionnel. Ensuite, à partir de 1976, ce grattage a été remplacé par un travail Léger à 5 cm de profondeur à La houe sine. Ce travail représente Le niveau  $T_1$ . Il s'effectue de préférence en humide à Ni oro du Rip.

Le choix du témoin s'impose parce qu'il nous servira de référence pour les modifications induites sous L'effet des traitements intensifs et semi-intensifs sur Le sol.

### • Traitement 5 $F_2$ x $T_2$

Fertilisation niveau 2 ( $F_2$ ) Fumure minérale NPK avec restitutions partielles soit par enfouissement de pailles de maïs, soit par brûlis de pailles de sorgho.

Le travail du sol représente Le niveau (T<sub>2</sub>), il était représenté par un travail Léger à La houe sine en humide. Puis à partir de 1976 par un Labour moyen à 12-15 cm (culture attelée bovine>. Ce Labour s'effectue suivant tes cultures en début ou fin de cycle mais de toute façon en condition humide. Labour de fin de cycle avec enfouissement de pailles derrière maïs et pour toutes Les autres cultures Labour de début de cycle.

Ce traitement nous permettra de mesurer L'effet des traitements semi-intensifs.

- Traitement 9 F<sub>3</sub> x T<sub>3</sub>

Fertilisation niveau F<sub>3</sub> fumure minérale NPK forte plus un phosphatage de fond au départ de L'expérimentation (500 kg/ha de phosphate tricalcique). A partir de 1975 on amène une fumure organique sous forme de fumier à raison de 5 tonnes/ha de matière sèche.

Le travail du sot sous ce traitement représente te niveau 3. Il s'agit d'un Labour à 18-24 cm de profondeur. Ce tabour est réalisé de préférence en humide aussi bien pour Le Labour de début de cyc te (sorgho) que pour te Labour de fin de cycle (maïs) sans enfouissement de pailles, tes paittes sur ce traitement étant toutes exportées.

Ce traitement représente te terme Le plus intensif du dispositif, il nous permettra de mesurer son effet sur L'évolution du sot.

3. - METHODES DE PRELEVEMENTS

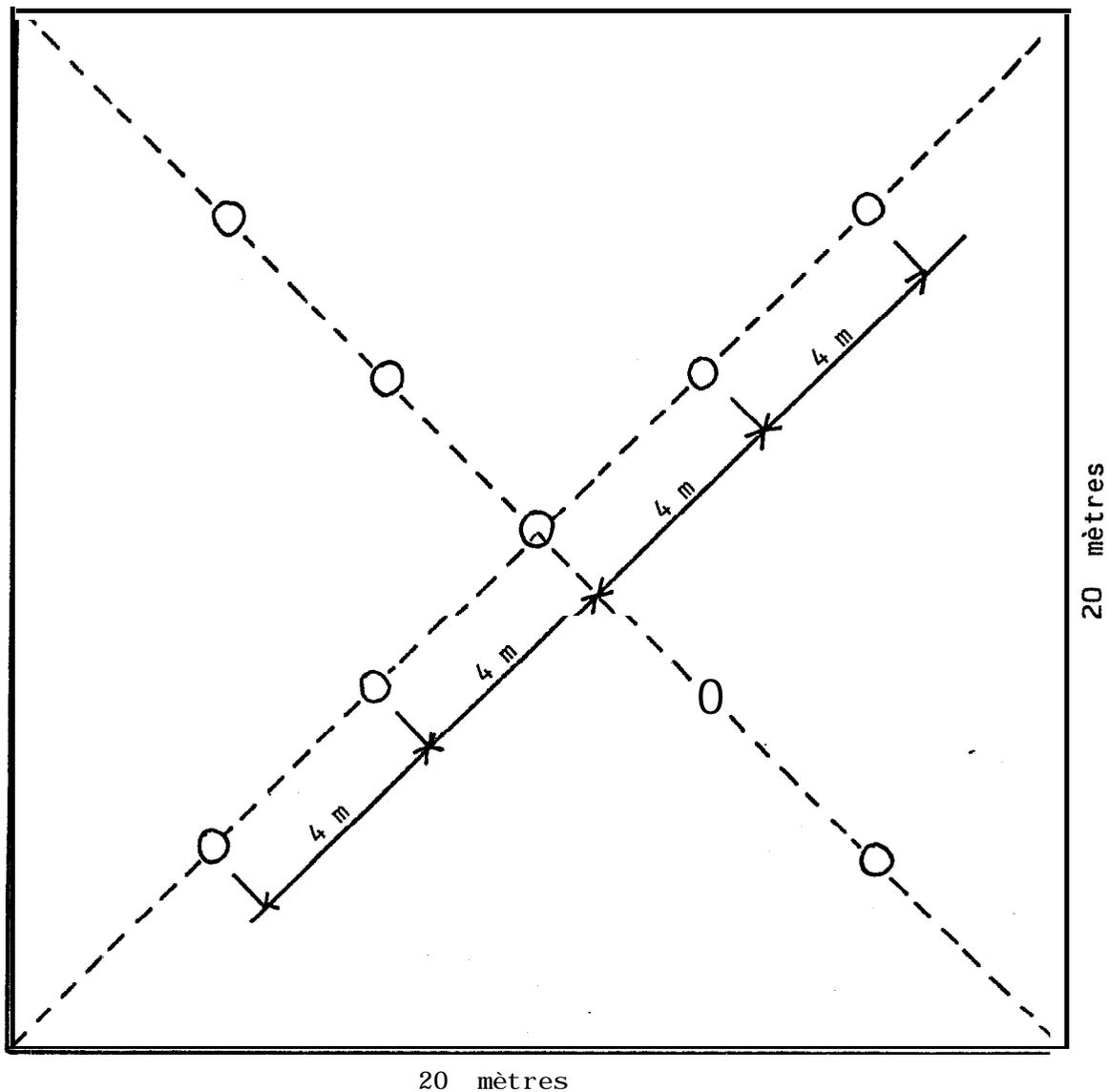
Les prélèvements d'échantillons de sot ont été effectués en janvier février 1980 sur Les parcelles 1, 5 et 9 sur La sole cultivée en sorgho en 1979.

Ces prélèvements ont porté sur deux horizons (0-15 cm) et (25-35 cm) pour Les échantillons destinés aux mesures physiques. Pour chaque parcelle et pour chaque horizon nous avons effectué 9 répétitions réparties te long de deux diagonales et distantes de quatre mètres. Pour éviter tes effets de bordure nous avons éti miné de chaque côté une frange de 5 mètres de Large.

Les mesures de densité apparente *in situ* ont été réalisées au densitomètre à membrane.

Le prélèvement des mottes s'est fait *en même temps* que les mesures de densité apparente *in situ*. Pour cela, nous avons à l'aide d'un couteau et de boîte prélevé de part et d'autre de la membrane du densitomètre deux mottes de  $1500 \text{ cm}^3$  de volume approximativement. Nous avons en même temps prélevé de la terre pour Les autres analyses physiques.

Emplacement des prélèvements de terre (9 par parcelle)



Les prélèvements d'échantillons pour Les analyses chimiques comprennent quatre horizons : 0-15 cm ; 15-30 cm ; 30-60 cm et 60-90 cm.

L'état avancé de la prise en masse du sol à cette époque de l'année empêche tout prélèvement à la tarière. Pour réaliser ces prélèvements nous avons ouvert des profils jusqu'à 1,50 m et avons prélevé à la pelle.

Tous les prélèvements ont été effectués aux mêmes emplacements que pour les mesures *in situ*.

Les prélèvements racinaires ont été réalisés en humide durant l'hivernage 1980 sous culture d'arachide. Ces prélèvements sont réalisés à l'aide de cylindres horizontaux. Ils ont porté sur les 50 premiers centimètres divisés en cinq tranches de sol de 10 centimètres chacune.

Les emplacements des prélèvements racinaires ont été légèrement décalés de ceux sur lesquels on avait effectué les mesures *in situ* afin d'éviter les risques de perturbation.

#### 4. - METHODES D'ANALYSE PHYSIQUE

##### a) Mesures in situ

##### 1. - Densitométrie

Les mesures de densité apparente *in situ* ont été réalisées au densitomètre à membrane. Les mesures ont été réalisées en deux profondeurs 5-15 cm et 25-35 cm. Toutes ces déterminations ont été effectuées en 9 répétitions.

##### 2. - Pénétrométrie

Les mesures de pénétrométrie ont eu lieu aux mêmes emplacements que ceux ayant servi à la détermination de la densité apparente. Elles ont été effectuées avec un pénétromètre à percussion jusqu'à une profondeur de quarante centimètres. Le pénétromètre est constitué d'une tige en fer terminée par une

pointe de longueur égale à 50 cm, cette tige est surmontée d'une deuxième tige indépendante de 35 cm le long de laquelle coulisse un poids tombant de 5 kg. Les deux tiges sont séparées par un disque à trépied qui assure la stabilité de l'ensemble.

Le travail dépensé en joules pour enfoncer la tige de 1 cm est donné par la formule :

$$W = P \times h \times N$$

avec (P = 5 kg - h = 35 cm - N = nombre de coups nécessaires)

## b) Mesures au Laboratoire

### 1. - Mesure de la résistance mécanique à la pénétration sur mottes naturelles

Les mottes prélevées au champ sont mises à sécher à l'étuve à 105°C pendant 24 heures puis taillées en petits échantillons à l'aide d'un petit cube de 3 cm d'arête. C'est sur ces échantillons que vont être effectuées les mesures de résistance à la pénétration.

La pénétrométrie est une méthode de mesure globale de la résistance mécanique d'un massif de terre. Elle intègre particulièrement la cohésion, l'humidité et la porosité de l'échantillon.

Les mesures ont été effectuées grâce à un pénétromètre à enfoncement continu réalisé par MAERTENS de l'INRA Toulouse. Il est constitué d'un plateau mobile porte-échantillon actionné par un moteur et allant à l'encontre de l'appareil de mesure constitué par une série de ressorts étalonnés dont la compression entraîne une aiguille indicatrice qui permet de lire la force sur le cadran qui lui est associé.

Le principe de mesure consiste à déterminer la force nécessaire pour faire pénétrer dans un échantillon à zéro % d'humidité une aiguille de 2,2 mm de diamètre à la vitesse de 1 mm/s jusqu'à l'éclatement de ce dernier. Les forces sont exprimées en grammes.

## 2. - Sur échantillons remaniés (texturale)

Cette méthode par rapport aux mesures directes sur mottes naturelles présente l'avantage d'une meilleure homogénéisation des échantillons.

La préparation des échantillons consiste à faire des gateaux texturaux selon la méthode de Keyrabi et Monnier (1968). Pour obtenir une bonne homogénéisation il est nécessaire de malaxer la terre à l'aide d'une forte spatule en présence d'une quantité d'eau optimale. Cette quantité d'eau a été choisie de façon que le malaxage soit aisé sans pour autant que la terre soit trop humide pour éviter toute sédimentation des éléments. En pratique, nous avons utilisé 13 % d'humidité pour les échantillons de l'horizon 5-15 cm et 16 % d'humidité pour les échantillons de l'horizon 25-35 cm plus riches en argile.

Les échantillons ainsi malaxés sont mis à ressuyer, sous vide dans de petits buchners de quatre centimètres de diamètre pendant une heure. Les buchners sont recouverts d'une feuille de plastique pendant toute la durée du ressuyage afin d'éviter un dessèchement trop important en surface.

Les échantillons sont ensuite mis à sécher à l'étuve à 105°C pendant 24 heures. On détermine avant et après passage à l'étuve l'humidité des échantillons.

Ensuite, comme pour les mottes naturelles on découpe de petits échantillons à l'aide d'un petit cube et on procède de la même façon pour les mesures.

## 3. - Mesure de la densité apparente sur mottes pénétrométriques

La densité apparente d'une motte de terre est donnée par la relation:

$$d_a = \frac{M}{V}$$

où: M représente la masse de la motte de terre sèche déterminée par pesée après passage à l'étuve à 105°C pendant 24 heures,

V le volume global de la motte sèche (volume apparent).

Pour la détermination de ce volume apparent, on utilise une technique semblable à celle préconisée par MAERTENS (1964) et améliorée par MONNIER et coll. (1973). Cette méthode consiste à plonger dans un b cher rempli de pétrole et placé sur une balance, l'échantillon préalablement imbibé de pétrole à saturation. On lit sur La balance la poussée d'Archimède correspondant au volume de pétrole déplacé. Connaissant la densité du pétrole on en déduit le volume apparent de la motte.

Cette méthode est très fiable à condition de ne pas travailler sur des mottes de très petite taille (poids inférieur à 5 g) sinon Les phénomènes de tension superficielle introduisent une erreur systématique non négligeable.

Pour Les autres mesures physiques, nous avons employé des méthodes classiques. La granulométrie détaillée a été réalisée par La méthode internationale, la détermination des composés organiques par La méthode Duchaufour, Le carbone total par la méthode Anne et au Leco, La caractérisation minéralogique par Les rayons X et l'ATD.

## 5. ■ LES METHODES D'ANALYSE CHIMIQUE

La plupart des analyses chimiques ont été réalisées à l'aide de méthodes connues que nous n'exposerons pas. Nous exposerons dans ce paragraphe Les méthodes d'analyse de l'azote qui ont subi un certain nombre de modifications récemment.

### a) Méthode de détermination des formes d'azote organique

Le fractionnement des formes organiques de L'azote se fait par une méthode simplifiée dérivant de celle préconisée par DECAU (1968). Il s'agit d'une hydrolyse acide à ébullition pendant 16 heures ; La prise d'essai est de 20 grammes de terre auxquels on ajoute 60 cc d'acide chlorhydrique 6 N.

L'hydrolysat est ensuite passé à La centrifugeuse à trois reprises afin de bien rincer la fraction non hydrolysable représentée par Le culot ; Le surnageant est recueilli dans une fiole et ajusté à 200 ml.

La fraction non hydrolysable sous forme de culot est mise à sécher à l'étuve à 60°C pendant 24 heures. Une fois séchée, elle subit un Kjeldhal et on dose l'azote qu'elle contient par titration après déplacement de l'ammoniac par la soude 6 N et entraînement à la vapeur par distillation.

Sur le surnageant, on réalise deux opérations :

- on prélève 50 ml de cette solution que l'on distille et dose directement. Ce dosage donne la forme soluble directement distillable ou fraction "azote ammoniacal",

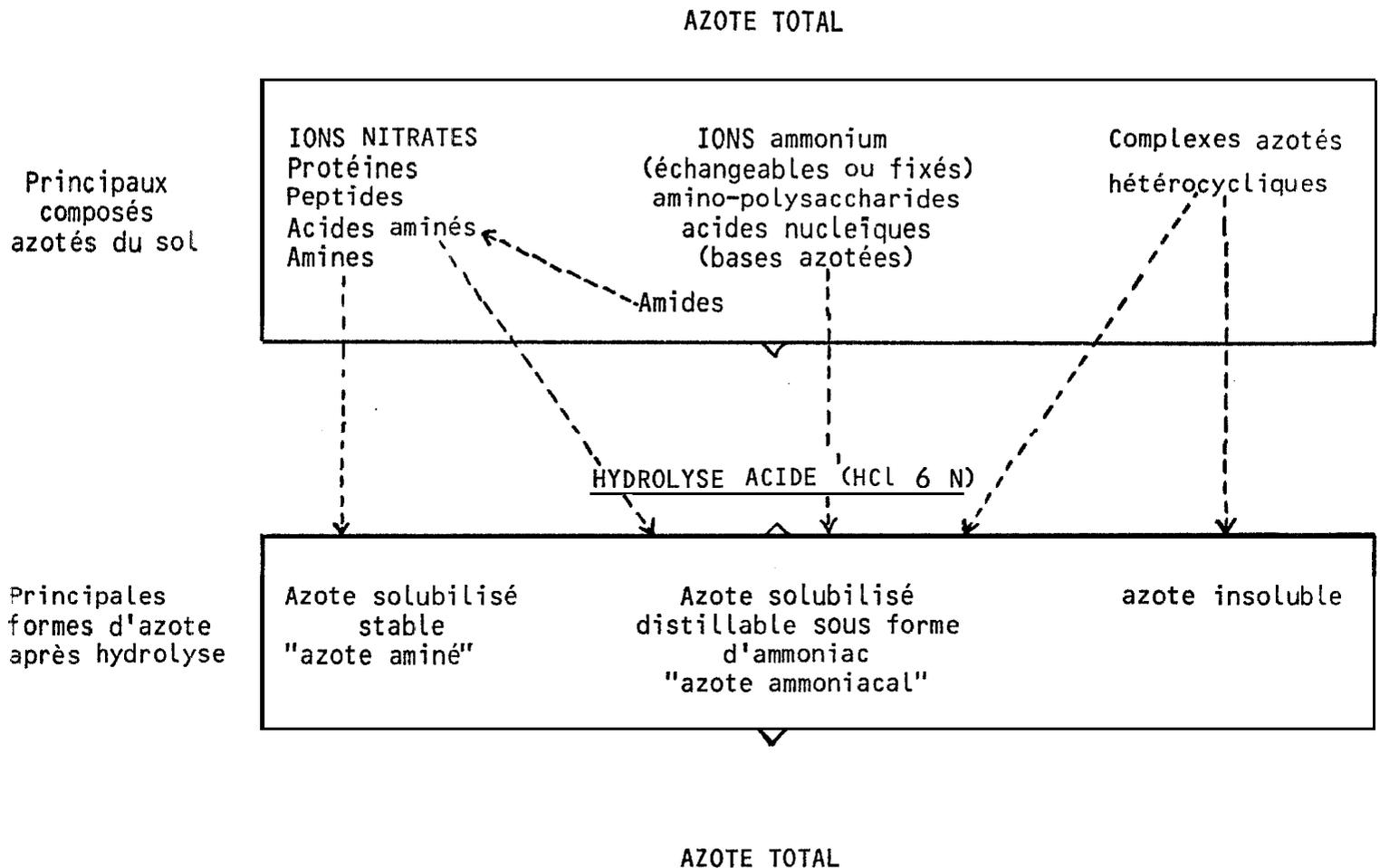
- on prélève une seconde fois 50 ml du surnageant sur lesquels on opère cette fois un Kjeldhal. L'azote de cette fraction est dosé comme précédemment.

Le résultat de ce dosage, diminué de la fraction azote ammoniacal, donne la forme soluble non directement distillable ou fraction "azote aminé".

L'hydrolyse acide permet de définir trois formes d'azote organique :

- une forme azote ammoniacal,
- une forme azote aminé,
- une forme azote non hydrolysable.

Le tableau ci-après d'après DECAU (1969) récapitule les principales formes d'azote obtenues après hydrolyse et leur provenance.



## b) Dosage de l'azote soluble dans l'extrait KCl

### 1. - Extraction

En général, le rapport sol/liquide d'extraction est de 10 (20 grammes de sol dans 200 ml de KCl N). Pour les sols sableux pauvres en azote soluble, la prise d'essai est élevée à 50 grammes.

On agite le mélange pendant une heure à l'agitateur rotatif puis on filtre. Le filtrat est recueilli dans une fiole de 200 ml.

### 2. - Dosage de l'azote minéral soluble

Ce dosage se fait selon la technique décrite par BREWNER (1965).

▪ Dosage de l'ammoniaque

La prise d'essai est de 50 ml d'extrait KCL. On ajoute 0,2 g de magnésie, on distille par entraînement à la vapeur, on recueille environ 30 ml de distillat dans 5 ml de mélange acide borique - phthaléine et on titre en retour par l'acide sulfurique N/200.

▪ Dosage de l'acide nitrique

On ajoute 0,2 g d'alliage de Dewarda sur la prise d'essai de tout à l'heure et on distille comme précédemment et on recueille cette fois 50 ml de distillat pour éviter de perdre de l'azote. La titration se fait comme pour l'ammoniacale.

- Dosage de l'azote total

La méthode utilisée est celle décrite par GUIRAUD et FARDEAU (1977). Elle utilise le fer réduit pour la réduction des nitrates.

La prise d'essai est toujours de 50 ml qu'on introduit dans un matras de 150 ml avec un gramme de fer réduit, 6 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 36 N. On réalise un Kjeldhal en portant progressivement à ébullition. On laisse l'ébullition se poursuivre jusqu'à apparition de fumées blanches, ensuite on retire les matras, on les laisse refroidir puis on ajoute le catalyseur de DUMAZERT et 3 ml. d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et on ramène à ébullition pendant 3 heures.

On titre ensuite après déplacement à la soude et entraînement à la vapeur, par l'acide sulfurique N/200.

L'azote organique est représenté par la différence :

Azote total = (azote ammoniacal + azote nitrique).

## II'. - ANALYSE DE L'EVOLUTION DES RENDEMENTS AGRONOMIQUES

### 1. -- ACTION DES FACTEURS CLIMATIQUES

L'évolution des rendements des différentes cultures de la rotation quadriennale à Nioro du Rip durant la période 1963-1979 se fait en dents de scie. On note de grandes fluctuations dans ces valeurs des productions (diagrammes 1, 2 et 3) sous tous les traitements.

Parallèlement, on note de grandes variations dans la pluviométrie durant la même période. Bien que ces rythmes de fluctuations ne sont pas strictement symétriques, il est certain que ces variations de la pluviométrie se répercutent sur la production des cultures. Il est cependant difficile d'établir la liaison entre les variations de la pluviométrie et celles des rendements.

Nous allons essayer grâce à un modèle mis au point par le département d'hydraulique de l'IRAT Montpellier de tester l'action des facteurs climatiques sur les rendements.

Ce modèle a été élaboré en vue de l'évaluation et de l'analyse fréquentielle des termes du bilan hydrique sous culture ou sous végétation naturelle. Les programmes sont distincts selon qu'ils s'adressent aux régions humides ou régions arides. Ils procèdent par pas de temps de 10 jours ; ces périodes décadaires ne simulent pas les processus réels des relations sol - plante - atmosphère qui déterminent le bilan hydrique. Néanmoins, des coefficients de réglage permettent de les ajuster à des conditions spécifiques de sol et de végétation observées.

Ces coefficients de correction sont au nombre de 2 :

#### ▪ Le coefficient additif A

Il intervient au niveau du sol par modification des valeurs de l'humidité relative du sol ; il rend compte des effets des caractéristiques du sol (granulométrie) sur le potentiel de l'eau ; il sera nécessaire de l'ajouter dans le cas des sols très sableux de zone tropicale sèche.

$$H \text{ Rajustée} = HD/RU F A \text{ avec } (0 \leq A \leq 0,50)$$

RU réserve utilisable maximale pour une profondeur donnée  
d'exploitation racinaire

HD eau disponible

- Le coefficient K

IL intervient au niveau de La plante et de L'atmosphère ; c'est un coefficient multiplicatif de L'ETP, il module L'ETM par rapport à cette dernière (ETM = K ETP) selon Le stade de végétation de La plante et Les effets de La chaleur.

En régions arides, Le modèle opère à RU variable croissante ; dans ces régions, Le départ de végétation se fait à partir d'un profit desséché jusqu'au voisinage du point de flétrissement ; il est indispensable de simuler L'accroissement de La RU au fur et à mesure de La progression du front de rehumectation en fonction de ta pluie.

L'excès d'eau infiltrée, par rapport à L'ETR et à La RU constitue Le drainage :

$$DR = HD - (RU + ETR)$$

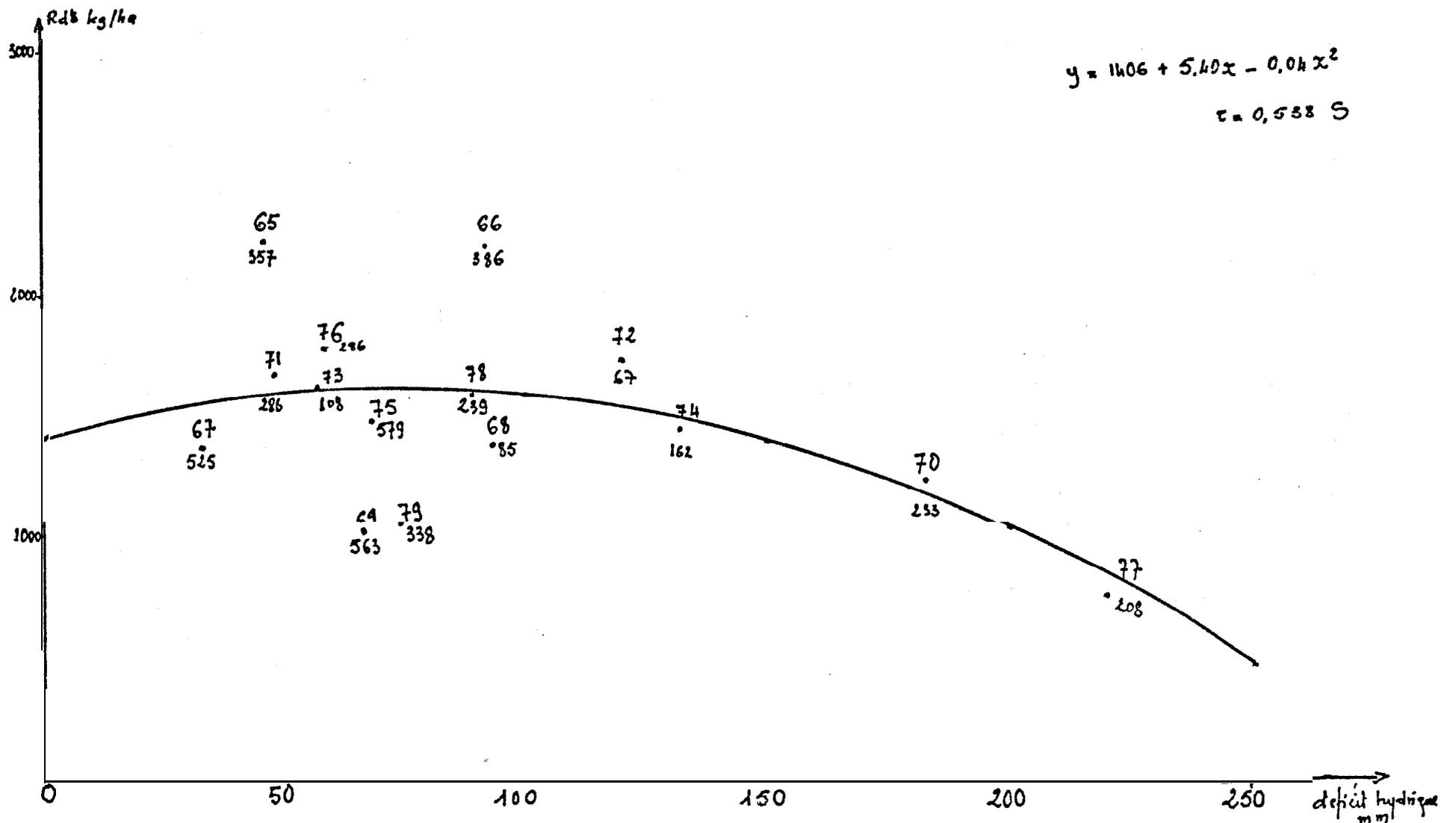
Le total du drainage et du ruissellement RDR est donné par La relation :

$$RDR = HD - RU$$

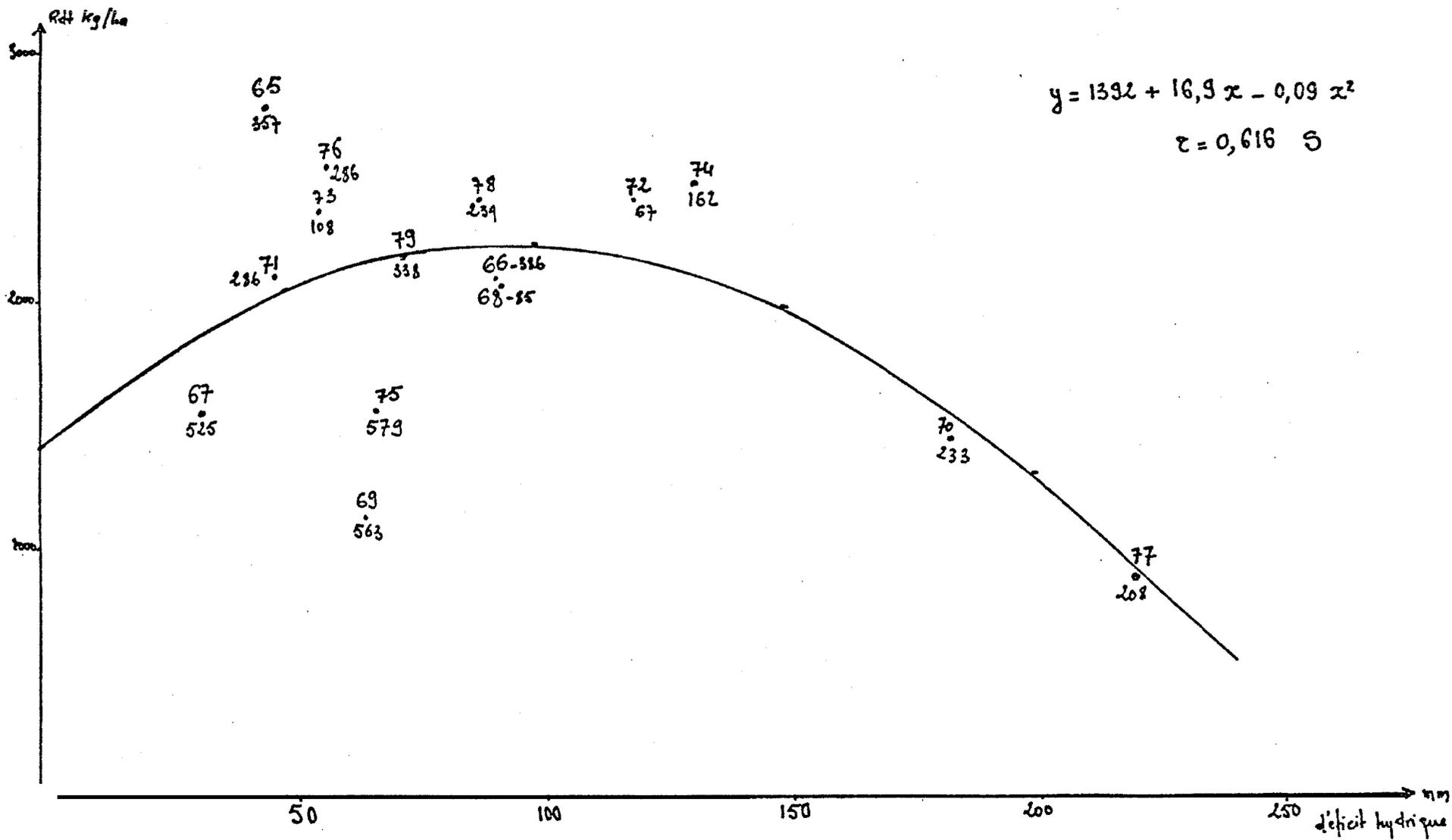
Nous avons mené cette étude sur culture d'arachide (arachide II).

Les valeurs de K pour L'arachide aux différents stades du développement végétatif sont données ci-dessous (FOREST, 1974) :

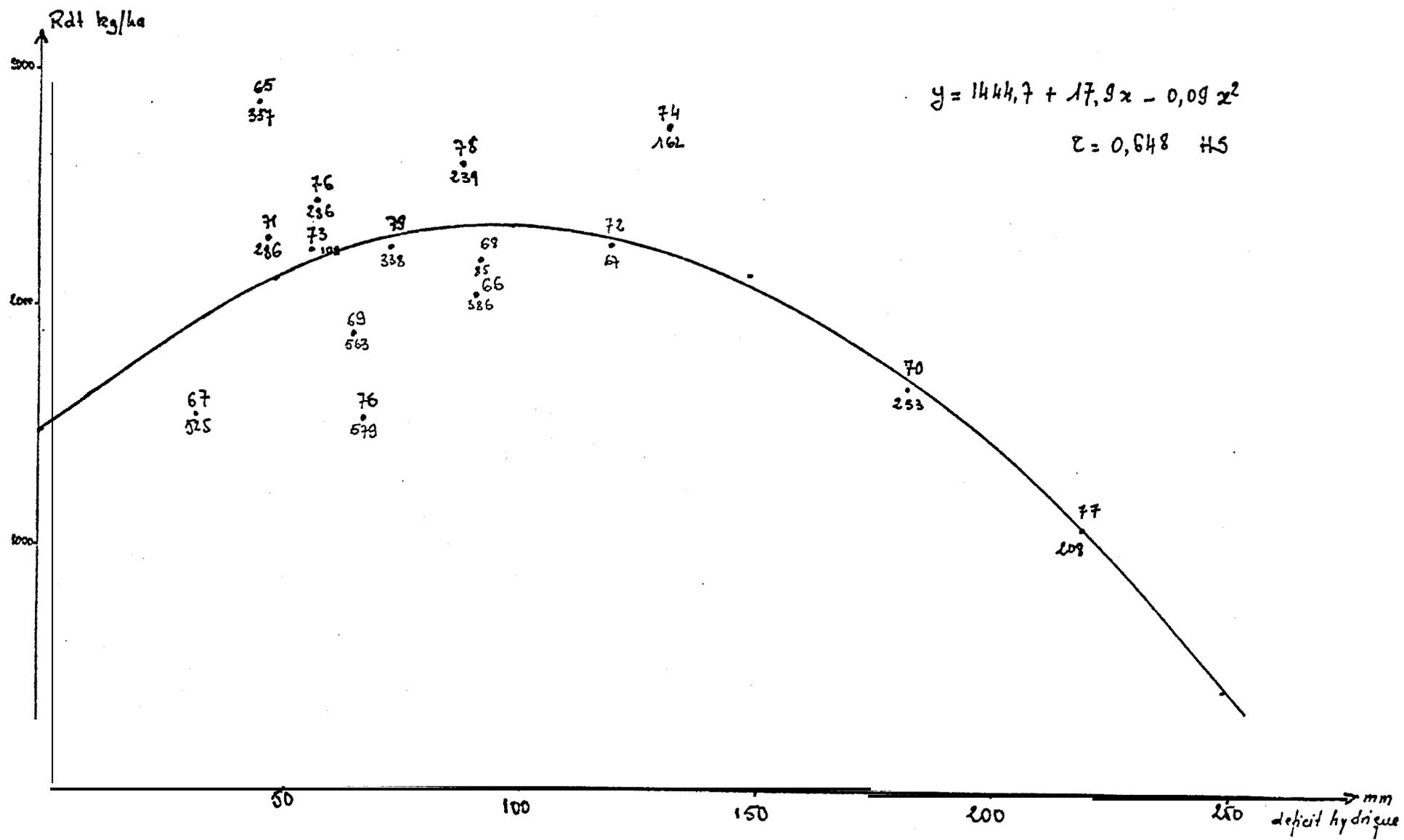
Semis Levée	k = 0,6
Levée développement première feuille	k = 0,8
Floraison - formation gyxophores	k = 1
Maturation	0,5 a k ≤ 0,7



Rendement/Déficit hydrique  
 Arachide II Traitement 1 (Fo x To)



Rendement/Déficit hydrique  
 Arachide II Traitement 5 (F<sub>2</sub> x T<sub>2</sub>)



Rendement/Déficit hydrique  
 Arachide II Traitement 9 (F3 x T3)

Nous avons établi sur La culture d'arachide II une courbe de réponse

$$\text{Production} = f(\text{ETM}_{\text{mm}} - \text{ETR}_{\text{mm}})$$

Les courbes obtenues à partir de cette étude sont de nature parabolique les coefficients de corrélation étant plus significatifs quand la représentation est parabolique que lorsqu'elle est linéaire ; nous avons donc retenu la représentation parabolique pour les courbes ; leur équation générale est du type :

$$Y = a + bx + cx^2$$

avec  $y = \text{Production (rendements)}$

$x = \text{déficit hydrique}$

L'établissement des courbes obtenues (fig. 1, 2 et 3) nous permet de tirer un certain nombre de conclusions :

- quel que soit le traitement considéré La sensibilité de l'arachide à l'alimentation hydrique apparait très nettement,
- lorsque le déficit augmente la production diminue ; ceci est vérifié pour L'ensemble des traitements particulièrement durant les années 1970 et 1977,
- Lorsque par contre le déficit est faible (inférieur à 70 mm) La production est limitée par d'autres facteurs ; on peut évoquer ici l'action des fortes pluies du mois d'août qui entraînent une baisse importante de la production de fleurs par avortement ou pourrissement ou le mauvais comportement hydrique des sols (engorgements des sols).

Il faut cependant remarquer que pour la période considérée les conditions pluviométriques apparaissent rarement limitantes ; en effet, sur les 16 années de la période c'est seulement en deux années (1970 et 1977) que Le déficit hydrique a dépassé 150 mm.

La détermination d'un optimum de production pour un déficit hydrique de 100 mm donne ;

- 1600 kg/ha pour Le témoin,
- 2200 kg/ha pour Le 5,
- 2400 kg/ha pour Le 9

On remarque, en outre, que Le coefficient de corrélation  $r$  augmente avec L'intensité des traitements ; Le témoin apparait moins sensible à L'effet du déficit hydrique que Les autres traitements ; ceci est en **relation** avec son très faible niveau de production.

Cette étude contribue à montrer qu'il existe bien une **Li aison déficit hydrique/rendements** ; L'action de ce déficit se manifeste de La même façon sur L'ensemble des traitements mais que malgré tout il subsiste un effet traitement **très** marqué.

Nous nous proposons dans Le paragraphe suivant d'étudier cet effet des traitements sur Les rendements. Nous testerons dans un premier temps L'effet propre de chaque facteur (travail du sol et fertilisation) sur Les rendements et dans un deuxième temps nous **procèderons** à une comparaison globale des traitements afin d'en tester Les effets combinés des deux facteurs.

## 2. - EFFETS DES TRAITEMENTS

Comme nous venons de Le voir malgré L'action de La **pluviométrie**, L'évolution des rendements est marquée par L'effet des différents traitements.

a) Effet du travail du sol

		Rendement moyen	F calculé	F à 1%	Signification
Arachi de I	T <sub>1</sub>	1847	0,34	5,06	NS
	T <sub>2</sub>	1919			
	T <sub>3</sub>	1983			
Arachi de II	T <sub>1</sub>	1848	0,31	4,76	NS
	T <sub>2</sub>	1880			
	T <sub>3</sub>	1936			
Sorgho	T <sub>1</sub>	1795	2,46	4,76	NS
	T <sub>2</sub>	2012			
	T <sub>3</sub>	2199			
Coton	T <sub>1</sub>	910	1,95	4,88	NS
	T <sub>2</sub>	1104			
	T <sub>3</sub>	1101			
Mais	T <sub>1</sub>	1509	5,99	4,92	S
	T <sub>2</sub>	2488			
	T <sub>3</sub>	2688			

Tableau n° 1 : Effet du travail du sol sur Les rendements

Le tableau n° 1 montre que L'effet du travail du sol n'est significatif que dans Le cas de La culture de mais. En effet, malgré des écarts type très élevés L'effet du travail est nettement significatif.

Pour Le sorgho et le cotonnier, La comparaison des moyennes ne donne pas de différences significatives ; cependant bien que cet effet ne soit pas significatif on note un effet du **travail** du sol se traduisant par un gain de production sur Le 9 par rapport au témoin qui est de L'ordre de 400 kg/ha pour **le** sorgho et de 200 kg/ha sur cotonnier.

Par contre sur les deux arachides le travail ne marque absolument pas ; en effet, non seulement les différences ne sont pas significatives, mais encore Les différences en valeur absolue sont très faibles.

b) Effet de la fumure

		Rendement moyen	F calculé	F à 1%	Signification
Arachi de 1	F <sub>0</sub>	1627	5,54	5,06	S
	F <sub>2</sub>	2086			
	F <sub>3</sub>	2035			
Arachi de II	F <sub>0</sub>	1565	15,74	4,76	S
	F <sub>2</sub>	1989			
	F <sub>3</sub>	2111			
Sorgho	F <sub>0</sub>	1048	91,74	4,76	THS
	F <sub>2</sub>	2231			
	F <sub>3</sub>	2660			
Coton	F <sub>0</sub>	682	48,77	4,88	THS
	F <sub>2</sub>	976			
	F <sub>3</sub>	1456			
Maïs	F <sub>0</sub>	783	60,26	4,92	THS
	F <sub>2</sub>	2604			
	F <sub>3</sub>	3357			

Tableau n° 2 : Effet de la fumure sur Les rendements moyens

L'effet de La fumure contrairement à celui du travail du sol est significatif pour toutes les cultures.

L'effet de La fumure est plus marqué sur l'arachide II que sur l'arachide I mais comme pour Le travail du sol ces cultures sont moins sensibles à l'effet des traitements.

Par contre, cet effet marque fortement le maïs et le sorgho et à un degré moindre le coton.

L'action de La fumure est plus marquée pour ces cultures où elle induit des gains de production très appréciables.

### c) Conclusion

L'effet de la fumure est plus marquant que celui du travail du sol. Il induit sur toutes les cultures des différences significatives.

L'effet du travail du sol, par contre, n'est significatif que dans le cas du maïs ; il contribue cependant dans le cas du sorgho et du cotonnier à augmenter les rendements des traitements 5 et 9 par rapport au témoin. Cet effet ne marque pas du tout dans le cas de l'arachide.

Cette analyse montre également que Les cultures répondent d'une façon différente à l'effet des traitements ; en effet, aussi bien pour le travail du sol que pour la fumure il apparait une hiérarchisation des cultures par rapport à la réponse aux différents traitements.

3. - COMPARAISON GLOBALE DES TRAITEMENTS

	Traitements	Rendement moyen	F calculé	F à 1%	Signifi cation!
Arachi de I	1	1582	1,21	6,36	N S
	5	1956			
	9	1978			
Arachi de II	1	1497	3,93	2,65	THS
	5	1983			
	9	2120			
sorgho	1	844	54,73	5,15	THS
	5	2264			
	9	2786			
Coton	1	582	33,6	5,49	THS
	5	1012			
	9	1519			
Maïs	1	325	53,74	5,78	THS
	5	2820			
	9	3868			

Tableau n° 3 : Effet global des traitements 1, 5 et 9 sur les rendements moyens

Le tableau n° 3 montre qu'à l'exception de la culture de l'arachide I les traitements induisent des effets sur les rendements qui sont tous significatifs.

Les traitements sont en effet tous significativement différents pour le sorgho, maïs, cotonnier et arachide II.

Cette première analyse nous a permis d'écarter l'arachide I pour Le calcul de T.

Le test de T va nous permettre de comparer deux à deux Les différents traitements pour chaque culture. Il nous permettra en plus de voir l'effet des modifications des traitements sur les rendements de ces mêmes cultures.

a) Arachide II

	Traitements	T calculé	T à 1%	Signification
Période 1965-1975	1 - 5	0,94	0,68	THS**
	1 - 9	2,93		THS***
	5 - 9	0,81		THS*
Période 1976-1980	1 - 5	1,50	0,87	THS
	1 - 9	1,56		THS
	5-9	0,10		NS

Tableau n° 4 : Test T sur Arachide II

Pour L'arachide II, nous avons considéré deux périodes celle allant de 1965 à 1975 durant laquelle Le travail du sol sur Le traitement 5 se Limitait à un grattage superficiel à La houe sine et une deuxième allant de 1976 à 1980 au cours de Laquelle ce travail a été remplacé par un labour atteignant 15 cm de profondeur.

Le test fait apparaitre que durant La première période de La différence entre Les traitements 5 et 9 était très hautement significative. Par contre, durant La deuxième période et grâce au Labour Le niveau de production du 5 remonte significativement de sorte que La différence initiale entre Les deux traitements disparaît.

Le tableau n° 4 montre, par ailleurs, que Le témoin est toujours très significativement différent des deux autres.

b) Sorgho

	Traitements	T calculé	T à 1%	Signification
Période 1965-1975	1 - 5	7,88	0,68	THS**
	1 - 9	8,59		THS***
	5 - 9	3,84		THS*
Période 1976-1980	1 - 5	7,97	0,87	THS***
	1 - 9	6,29		THS**
	5-9	0,20		NS

Tableau n° 5 : Test T sur sorgho

Le tableau n° 5 montre que pour Les deux périodes considérées le témoin est toujours très différent des traitements 5 et 9. Cette différence est plus nette sur Le sorgho que sur l'arachide (valeur de T).

Pour la comparaison des traitements 5 et 9, on remarque la même **tendance** que pour L'arachide II. La modification du travail sur le 5 intervenue à partir de 1976 supprime la différence qui était très hautement significative dans La période 1965-1975.

c) Maïs - Cottonnier

	Traitements	T calculé	T à 1%	Signification
Période 1973-1980	1 - 5	8,74	0,74	THS**
	1 - 9	16,32		THS***
	5 - 9	2,48		THS*

Tableau n° 6 : Test T sur les rendements de maïs

Les résultats du tableau n° 6 montrent que tous les traitements sont différents. Toutes les différences sont hautement significatives avec des valeurs de T très élevées.

Il en est de même pour le cotonnier voir tableau n° 7 qui suit.

	Traitements	T calculé	T à 1%	Signification
Période 1970 - 1980	1 - 5	3,80	0,68	THS**
	5 - 9	8,07		THS
	5 - 9	3,84		THS*

Tableau n° 7 : Test T sur rendements du cotonnier

#### d) Conclusion

La comparaison des traitements montre à l'exception de l'arachide I que l'effet des traitements sur les rendements des autres cultures est très hautement significatif.

Cet effet des traitements est très marqué sur les céréales et sur l'arachide II. La différence de comportement des deux arachides s'explique par le fait que l'arachide I vient après jachère dans la rotation alors que l'arachide II vient en fin de rotation. L'arachide I venant après une jachère améliorante est moins sensible à l'effet des traitements surtout dominé, nous l'avons vu, par l'effet de la fumure.

La modification d'un des facteurs des traitements comme le travail dans le cas du 5 contribue à relever son niveau de production, ce qui montre que les cultures réagissent aux effets immédiats des traitements.

Ainsi, nous constatons des différences de rendements très importantes sous l'effet des traitements appliqués. L'augmentation des productions des

différentes cultures du témoin au 9 devrait se matérialiser par des évolutions différentes des paramètres du sol.

Nous nous proposons dans Le paragraphe qui suit d'essayer de déterminer s'il existe une Liaison entre L'augmentation des rendements sous L'action des traitements et Les modifications induites sur Les paramètres du sol.

#### V. - PRESENTATION DES RESULTATS DES ANALYSES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Comme nous venons de Le voir dans Le chapitre précédent, L'effet des traitements 5 et 9 sur L'évolution des rendements apparait très nettement, Nous avons pensé que cet accroissement de production sous L'effet des traitements appliqués pouvait être mis en rapport avec une évolution différente des paramètres du sol sous L'action de ces mêmes traitements.

Pour mettre en évidence cette évolution du sol, nous avons effectué un certain nombre de mesures physiques et chimiques tant au champ (*in situ*) qu'au Laboratoire.

Pour Les tests physiques, La détermination des densités apparentes ainsi que celle de La force de résistance à La pénétration a été réalisée à trois niveaux :

- *in situ* (densitomètre à membrane et pénétromètre à percussion)
- au Laboratoire sur mottes naturelles (méthode pétrole et pénétromètre MAERTENS),
- au Laboratoire sur mottes texturales (méthode pétrole et pénétromètre MAERTENS).

De plus, nous avons effectué une granulométrie détaillée pour chaque point de prélèvement par La méthode internationale.

La détermination des composés organiques du sol a été faite à l'aide de la méthode de Duchaufour (pyrophosphate de sodium).

En ce qui concerne Les tests chimiques, outre Les analyses classiques (pH, M.O., CEC, etc...) nous avons effectué une étude précise sur L'azote afin de mieux cerner le comportement de cet élément sous l'action des traitements.

Ces mesures donnent pour la plupart d'entre elles des différences de comportement du sol sous L'effet des traitements.

Cependant l'absence de répétitions dans le dispositif expérimental ne permet pas une interprétation statistique des différences qu'on observe. Nous avons effectué donc un nombre élevé de répétitions internes afin de mesurer Le degré d'hétérogénéité du sol. Ces différences qu'on observe ne pourront être analysées que par des comparaisons de moyenne.

De plus, les résultats que nous allons présenter de même que Les conclusions qui en découleront vont, tout au plus, nous permettre de constater un stade d'évolution du sol sous l'effet des traitements. En effet, nous ne pouvons prétendre parler, dans cette présente étude, d'évolution du sol puisque ne disposant même pas du point zéro (avant expérimentation). Nous allons essayer de palier à cette lacune en prenant comme référence Le profil de bordure de L'essai qui n'a pas été cultivé depuis le début de l'expérimentation.

## 1. - ANALYSES PHYSIQUES

### a) Analyse de La porosité

#### 1. - Données bibliographiques sur une méthode d'analyse des systèmes de porosité

La mesure de la répartition des classes de porosité d'un sol se fait classiquement par l'établissement de la courbe des pF aux différentes humidités. Toutefois, cette procédure lorsqu'elle s'applique à des échantillons remaniés ne répond pas toujours aux préoccupations du manipulateur.

Une autre démarche pour l'étude de l'organisation interne de La porosité dans le sol en place a été imaginée par un groupe de chercheurs de L'INRA : principalement G. MONNIER, J.C. FIES et BUI HUU TRI.

Cette organisation interne de La porosité est importante à connaître puisqu'elle a une incidence directe sur :

- La circulation de L'eau,
- La colonisation du sol par Le système racinaire,
- La minéralisation,
- L'activité de La microflore et de La microfaune.

D'après Les travaux de ces auteurs, on peut considérer que La porosité d'une couche de sol en place est caractérisée par La superposition de deux systèmes :

- une porosité "structurale" qui représente L'espace poreux correspondant aux fissures délimitant Les éléments structuraux et aux vides canalisants d'origine biologique ou parfois Liés à des processus pédologiques,

- une porosité dite "mottière" qui est propre aux éléments structuraux ou groupements d'éléments structuraux. Cette porosité mottière se subdivise en deux :

- une porosité propre aux éléments structuraux élémentaires, dite porosité "texturale" ; elle est caractéristique du matériau et se trouve Liée à sa composition granulométrique et représente Le volume des vides ménagés par Les particules élémentaires à L'état humide ou sec,

- une porosité de "fissures intra mottière". Lorsque les mottes proviennent d'une structure continue ou massive La porosité de fissures intra mottière est alors nulle et La porosité mottière fond avec La porosité texturale.

Ces différentes classes de porosité sont liées par Les relations suivantes : Le volume total des vides dans 100 cm<sup>2</sup> de sol en place c'est à dire La porosité globale Pg en % est donnée par la relation :

$$P_g = p_s + t \frac{(100 - P_s) P_m}{100} = P_m + \frac{(100 - P_m) P_s}{100}$$

La relation entre la porosité mottière et la porosité **texturale** est donnée par :

$$P_m = P_{fim} + \frac{(100 - P_{fim}) P_t}{100}$$

où :  $P_g$  = Porosité globale du sol en place

$P_s$  = Porosité de structure

$P_m$  = Porosité mottière

$P_{fim}$  = Porosité de fissures intra mottière

$P_t$  = Porosité **texturale**

Pour évaluer ces différentes classes de porosité, il est nécessaire de procéder aux mesures suivantes :

- ▀ densité réelle
- ▀ densité apparente **texturale**
- densité apparente mottière
- ▀ densité apparente globale du **sol**.

## 2. ▀ Résultats des analyses physiques

Compte tenu de la grande variation dans Les résultats des différentes répétitions nous travail lterons essentiellement sur les moyennes.

- Surface (5 - 15 cm)

Les résultats des mesures de densité apparente sur mottes naturelles au Laboratoire apparaissent très irréguliers particulièrement en surface ; cette irrégularité s'explique par le caractère très hétérogène des **échantillons** prélevés suite à des perturbations créées en surface par Le buttage du sorgho.

	Témoïn (F <sub>0</sub> x T <sub>1</sub> )	5 (F <sub>2</sub> x T <sub>2</sub> )	9 (F <sub>3</sub> x T <sub>3</sub> )
Densité apparente globale du sot en place	1,54	1,57	1,50
Densité apparente mottière	1,55	1,59	1,56
Densité apparente texturate	1,76	1,70	1,71

Tableau n° 8a : Résultats des mesures de densité apparente dans  
L'horizon 0 = 15 cm

Les résultats des mesures de densité apparente globale et texturale donnent des différences très nettes entre traitements en surface. Les résultats des mesures sur mottes naturelles sont très irréguliers en relation avec L'hétérogénéité des échantillons ce qui explique Les faibles écarts qu'on observe entre traitements.

L'établissement d'un système de porosité à partir des résultats des mesures de densité apparente et de la densité réelle du sot met en évidence L'effet des traitements sur La porosité du sot (tableau n° 8b).

	Témoïn (F <sub>0</sub> x T <sub>1</sub> )	5 (F <sub>2</sub> x T <sub>2</sub> )	9 (F <sub>3</sub> x T <sub>3</sub> )
Porosité globale %	42	40,8	43
Porosité mottière %	42	40	40,8
Porosité texturale %	33,9	35,6	35,1
Porosité de structure%	0	1,4	4,6
Porosité de fissures intra mottière %	12,3	6,8	8,8

Tableau n° 8b : Système de porosité (0 = 15 cm)

L'examen du tableau n° 8b montre qu'au niveau de la porosité de structure on note un effet des traitements beaucoup plus marqué sous le 9 que sous le 5. Cet effet n'existe pas sous le témoin. Cette porosité structurale présente sous les traitements 5 et 9 traduit une porosité grossière due à l'effet du dernier labour.

D'autre part, l'effet des traitements se manifeste sur la porosité texturale qui augmente sous les traitements 5 et 9. Cette différence se répercute sur la porosité de fissures intra mottières qui diminue sous les traitements 5 et 9 par rapport au témoin. Cette diminution peut être attribuée soit à une modification de texture ou du mode d'assemblage des éléments structuraux élémentaires soit à une action de la matière organique. Elle traduit une amélioration de la microporosité du sol.

- Profondeur (25 - 35 cm)

	Témoin (F <sub>0</sub> x T <sub>1</sub> )	5 (F <sub>2</sub> x T <sub>2</sub> )	9 (F <sub>3</sub> x T <sub>3</sub> )
Densité apparente globale	1,48	1,52	1,49
Densité apparente mottière	1,51	1,50	1,56
Densité apparente texturale	1,81	1,81	1,81

Tableau n° 9a : Résultats des mesures de densité apparente dans l'horizon 25 - 35 cm

Les résultats du tableau n° 9a montrent que l'effet des traitements est moins marqué sur les mesures de densité dans cet horizon que dans l'horizon de surface ; en outre, on remarquera que les densités texturales sont strictement identiques.

La conversion des résultats de ces mesures en porosité donne le tableau suivant.

	Témoïn (F <sub>0</sub> x T <sub>1</sub> )	5 (F <sub>2</sub> x T <sub>2</sub> )	9 (F <sub>3</sub> x T <sub>3</sub> )
Porosité globale %	44,3	42,2	43,6
Porosité mottière %	44	43,41	41,1
Porosité texturate %	31,7	31,7	31,7
Porosité de structure %			4,2
Porosité de fissures intra mottière %	18	17	13,7

Tableau n° 9b : Système de porosité horizon (25 - 35 cm)

Les données du tableau n° 9 b montrent que L'effet dû au dernier Labour qui se traduit par une porosité de structure ne se manifeste plus que sous le traitement 9.

Comme pour l'horizon de surface,, malgré une porosité texturate strictement identique cette fois on note une diminution très nette de La porosité de fissures intra mottière sous Le 9 par rapport aux deux autres traitements.

On remarque d'autre part que globalement La porosité au niveau de cet horizon est supérieure à celle de L'horizon de surface ; cette différence peut s'expliquer par L'action de L'homme en surface par le tassement qu'elle induit. Elle peut également s'expliquer par le gonflement naturel du sol beaucoup plus important dans cet horizon en relation avec Le taux d'argile.

## b) Résultats des mesures pénétrométriques

### 1. - Pénétrométrie au champ

Si l'on considère globalement les résultats des mesures de pénétrométrie au champ le témoin non travaillé apparaît plus meuble que Les traitements 5 et 9 ; ceci est particulièrement marqué dans L'horizon (0 - 10 cm). Ce résultat a priori paradoxal peut s'expliquer par un effet tassement en surface sous l'action d'agents dégradants essentiellement représentés par :

- l'action des pluies à forte énergie cinétique,
- L'action des instruments mécaniques,
- le piétinement par l'homme et par les animaux.

Ce tassement, compte tenu des conditions de réalisation des labours (labour traction bovine) est plus marqué sous 9 et 5 que sous le témoin.

	Témoin (F <sub>0</sub> x T <sub>1</sub> )	5 (F <sub>2</sub> x T <sub>2</sub> )	9 (F <sub>3</sub> x T <sub>3</sub> )
10 - 5 cm	8,6	12,8	11,4
12 - 10 cm	7,25	6,2	3,1
14 - 12 cm	8,25	9,8	8
16 - 14 cm	9	9	6,7
18 - 16 cm	8,75	10	8,6
20 - 18 cm	9	11,3	7,3
22 - 20 cm	7,8	11,8	15,2
24 - 22 cm	7,2	11,3	14,2
26 - 24 cm	7,5	11,1	14,2
30 - 26 cm	12	22,7	29,9
35 - 30 cm	22,25	28,8	39,7
40 - 35 cm	24,9	33,7	41, a

Tableau n° 10 : Accroissements du travail (J) pour passer de 5 à 40 cm

Les résultats du tableau n° 10 montrent qu'en dessous de La Limite des 10 premiers centimètres on note un effet du traitement 9 sur Les résultats de La résistance à La pénétration.

D'abord dans La tranche de sol comprise entre 10 et 20 cm on note un effet améliorant du travail du sol sous 9 qui se traduit par une diminution des accroissements du travail. Cette différence traduit un effet résiduel du labour (figure 1).

Dans cette même tranche de sol, Les résultats des mesures sous Le témoin et sous 5 sont relativement comparables.

En dessous de cette Limite des 20 centimètres jusqu'à 40 cm de profondeur, non seulement L'effet du Labour ne se fait plus sentir mais en plus la force de résistance à La pénétration augmente sous Les traitements 5 et 9.

## 2. • Pénétrométrie sur mottes naturelles et texturales au laboratoire

En surface (5 - 15 cm)

	Témoin (F <sub>0</sub> x T <sub>0</sub> )	5 (F <sub>2</sub> x T <sub>2</sub> )	9 (F <sub>3</sub> x T <sub>3</sub> )
Mottes naturelles	1695	1139	1197
Mottes texturales	2037	1643	1798

Tableau n° 11 : Résultats des mesures de pénétrométrie au Laboratoire. Mottes naturelles et texturales horizon (5 - 15 cm)

Pour Les mesures sur mottes naturelles comme sur mottes texturales, Les résultats du tableau n° 11 montrent une nette différence entre d'une part Le témoin et, d'autre part Le 5 et Le 9.

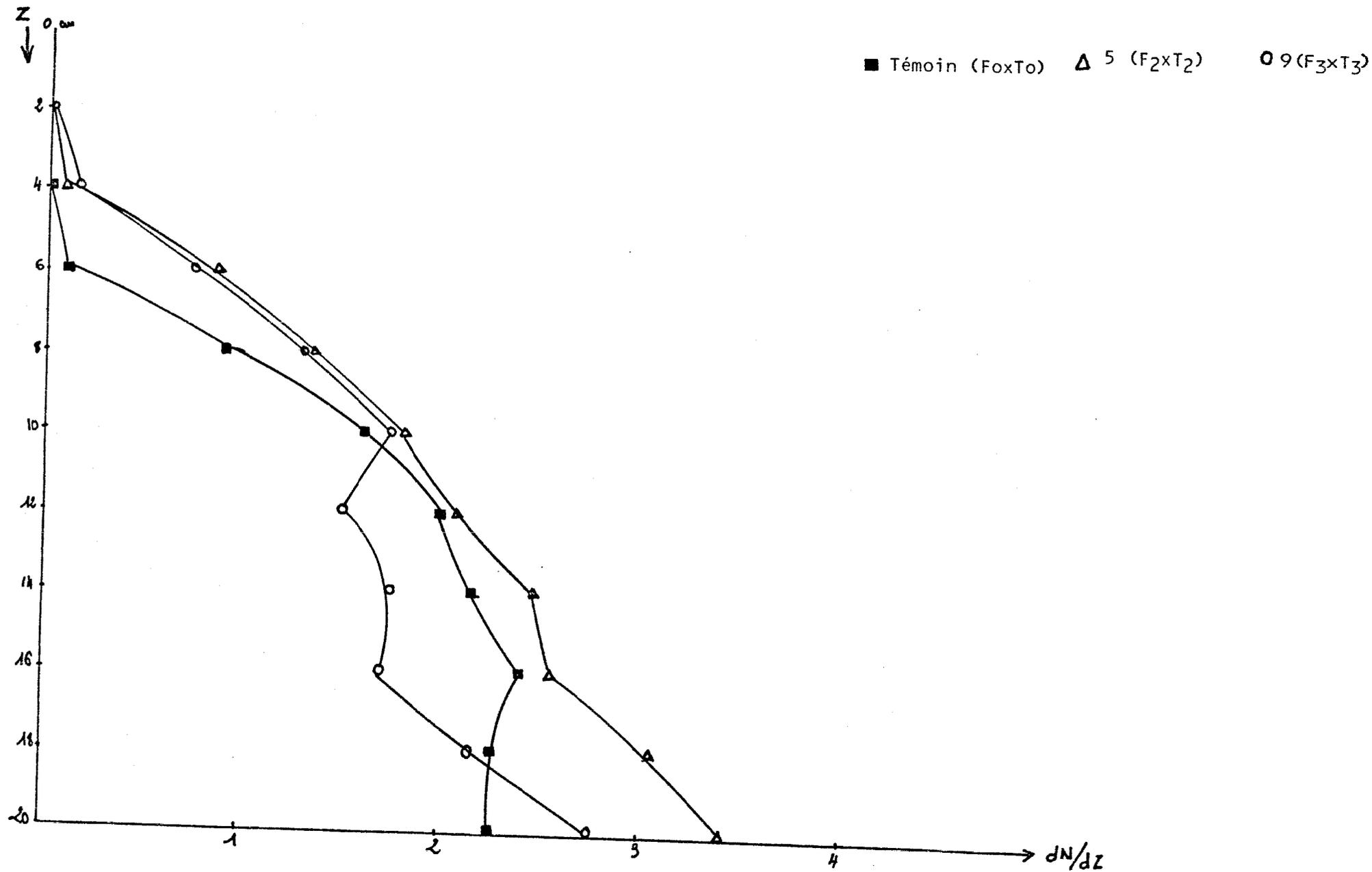


Figure n° 1 : Courbes représentant les accroissements du travail en fonction de la profondeur sous les traitements 1, 5 et 9

L'effet du travail du sol sur La force de résistance à La pénétration apparait ici très nettement même sur Le traitement 5 où cet effet n'apparaissait pas pour Les mesures in situ.

Il n'y a pas de différence entre Les résultats des mesures sur Les traitements 5 et 9, ce qui semble montrer que cette différence avec Le témoin est due à L'effet du Labour sur ces traitements.

\* En profondeur (25 - 35 cm)

	Témoin (F <sub>0</sub> x T <sub>0</sub> )	5 (F <sub>2</sub> x T <sub>2</sub> )	9 (F <sub>3</sub> x T <sub>3</sub> )
Mottes naturelles	1961	1874	1785
Mottes texturales	5412	5016	4658

Tableau n° 12 : Résultats mesures de pénétrométrie au Laboratoire sur mottes naturelles et texturales horizon 25-35cm

Les résultats des mesures de pénétrométrie effectuées sur mottes naturelles montrent une tendance allant dans Le sens d'une diminution de La farce de résistance à La pénétration avec l'intensité des traitements ; ces différences sont cependant très faibles et non significatives.

**Par** contre celles mises en évidence par Les mesures sur mottes texturales apparaissent très nettement significatives.

### c) Evaluation de La densité racinaire de L'arachide

Les résultats de ces mesures (cylindres horizontaux) mettent en évidence une action très marquée des traitements 5 et 9 sur L'enracinement de L'arachide.

Cet effet du traitement se manifeste aussi bien en surface qu'en profondeur avec des différences plus importantes dans l'horizon 25 - 35 entre Le témoin et le traitement 9.

Les **résultats** du tableau n° 13 (ci-dessous) montrent d'autre part que la répartition des racines de L'arachide est essentiellement superficielle en conditions naturelles (témoin) et que l'application des traitements intensifs induit une amélioration de la profondeur d'enracinement et une homogénéisation du profil racinaire de l'arachide.

	Témoin (F <sub>0</sub> x T <sub>0</sub> )	5 (F <sub>2</sub> x T <sub>2</sub> )	9 (F <sub>3</sub> x T <sub>3</sub> )
5 - 15 cm	0,15	0,19	0,28
25 - 35 cm	0,06	0,13	0,22

**Tableau n° 13** : Densités racinaires de l'arachide en g/cm<sup>3</sup>  
Horizons (5-15 cm) et (25-35 cm)

Ainsi, nous venons de montrer l'effet des traitements sur le comportement physique des sols se matérialisant par un certain nombre de modifications. Nous nous proposons dans un deuxième temps d'essayer d'expliquer dans La mesure du possible ces modifications.

Nous avons pensé à l'action de la matière organique ou à un effet **textural** pour expliquer ces changements ; c'est dans ce but que nous avons effectué l'analyse des composés organiques du sol et La granulométrie détaillée (voir tableaux Ia, b, c annexes).

Les résultats de ces analyses n'ont pas donné des différences suffisamment significatives pour expliquer Les modifications observées.

Cet effet du traitement se manifeste aussi bien en surface qu'en profondeur avec des différences plus importantes dans L'horizon 25 - 35 entre Le témoin et Le traitement 9.

Les résultats du tableau n° 13 (ci-dessous) montrent d'autre part que La répartition des racines de L'arachide est essentiellement superficielle en conditions naturelles (témoin) et que L'application des traitements intensifs induit une amélioration de La profondeur d'enracinement et une homogénéisation du profil racinaire de L'arachide.

	Témoin (F <sub>0</sub> x T <sub>0</sub> )	5 (F <sub>2</sub> x T <sub>2</sub> )	9 (F <sub>3</sub> x T <sub>3</sub> )
5 - 15 cm	0,15	0,19	0,28
25 - 35 cm	0,06	0,13	0,22

Tableau n° 13 : Densités racinaires de L'arachide en g/cm<sup>3</sup>  
Horizons (5-15 cm) et (25-35 cm)

Ainsi, nous venons de montrer L'effet des traitements sur Le comportement physique des **sols** se matérialisant par un certain nombre de modifications. Nous nous proposons dans un deuxième temps d'essayer d'expliquer dans La mesure du possible ces modifications.

Nous avons pensé à L'action de La matière organique ou à un effet **textural** pour expliquer ces changements ; c'est dans ce but que nous avons **effectué** L'analyse des composés organiques du **sol** et La **granulométrie** détaillée (voir tableaux Ia, b, c annexes).

Les résultats de ces analyses n'ont pas donné des différences suffisamment significatives pour expliquer Les modifications observées.

d) Etudes mi cromoroholoaiaues

L'observation au microscope des lames minces confirme les résultats de l'analyse granulométrique détaillée ; elle montre, en effet, la prédominance des éléments du squelette représentés essentiellement par des grains de quartz de forme différente suivant leur origine. La grande majorité de ces quartz sont anguleux et présentent beaucoup d'éclats qui témoignent de leur origine alluviale ; d'autre en plus petite quantité sont arrondis et d'origine éolienne.

Le plasma est constitué d'argile kaotinique et de sesquioxydes de fer. IL apparait finement orienté et on y remarque de place en place des imprégnations plus ou moins importantes de matière organique suivant la profondeur et les traitements.

Suivant L'abondance relative des constituants, on note plusieurs types d'assemblage :

- un assemblage de type chitonique dans lequel le plasma est peu important et discontinu et où Les grains de quartz nombreux sont empilés tes uns sur les autres,
- un assemblage de type intertextique avec un plasma relativement abondant qui lie tes éléments structuraux par L'intermédiaire de ponts,
- un assemblage de type porphyrique où le plasma plus abondant devient continu et englobe tous Les éléments du squelette.

On remarque des modifications intervenant sur ta microstructure du sol sous L'effet des traitements qui apparaissent plus nettement dans L'horizon sous cutturat (25 - 35 cm>.

- Horizon cultural (5 - 15 cm)

Sous Le témoin, Les grains de quartz du squelette sont Liés par des ponts de plasma diffus donnant un assemblage de type intertextique ; on y remarque un comblement partiel des vides, d'une part, par des dépôts orientés d'argile à La suite des phénomènes de réorganisation de La phase argileuse,

et d'autre part, par des fragments de quartz anguleux de petite taille.

Le plasma montre des plages fortement imprégnées par la matière organique. Par contre, sous Les traitements 5 et 9 Le plasma apparait moins abondant et **plus** aggloméré que **précédemment**. Les ponts deviennent moins importants et **les** grains de quartz empilés **les** uns sur **les** autres sont seulement entourés par un mince film de plasma f Loculé humique.

Les imprégnations du plasma par La matière organique apparaissent plus importantes.

Les dépôts dans tes cavités résultant de **la** réorganisation de La phase argileuse deviennent moins représentatifs particulièrement sous Le 9 où **ils** ont tendance à disparaître.

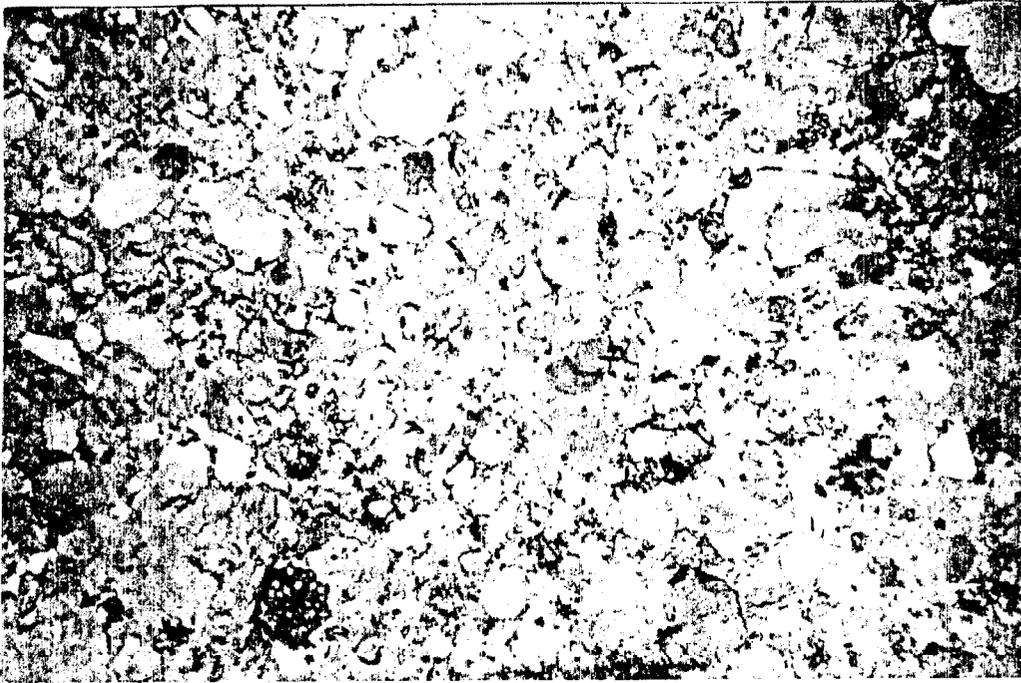
Ces différences apparaissent nettement sur **les** photos à fort grossissement et contribuent à donner à ces assemblages un caractère plus aéré que sous Le témoin.

- Horizon sous cultural (25 - 35 cm)

Sous le témoin, Le plasma devient **plus** abondant comparativement à **l'horizon** sus-jacent ; Les éléments du squelette sont totalement **envoyés** dans un plasma continu donnant un-assemblage de type **porphyrosquelique**.

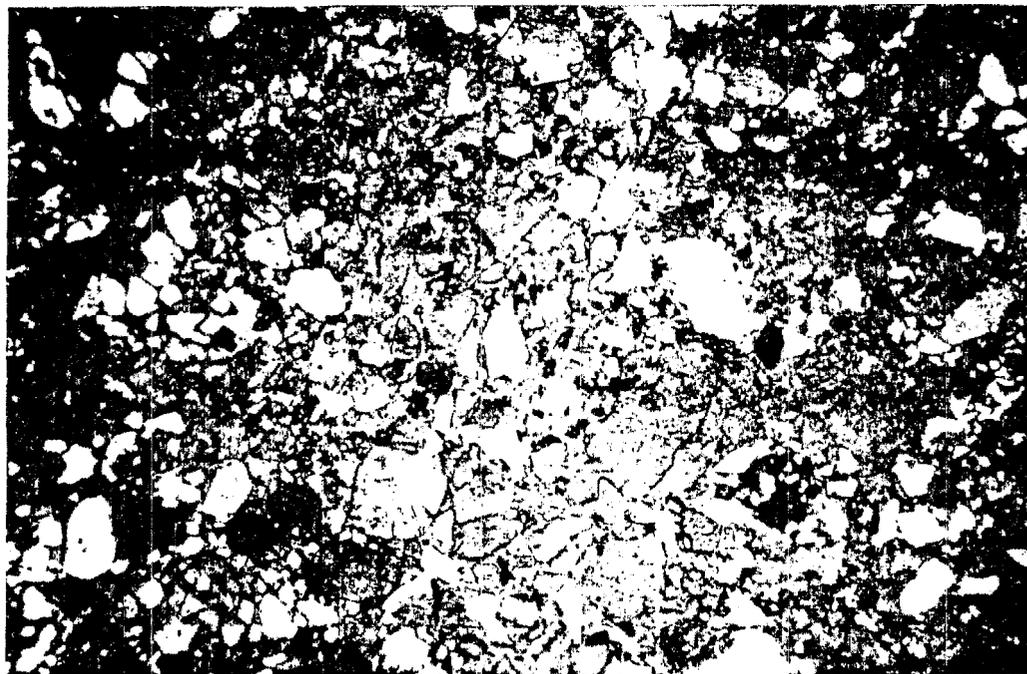
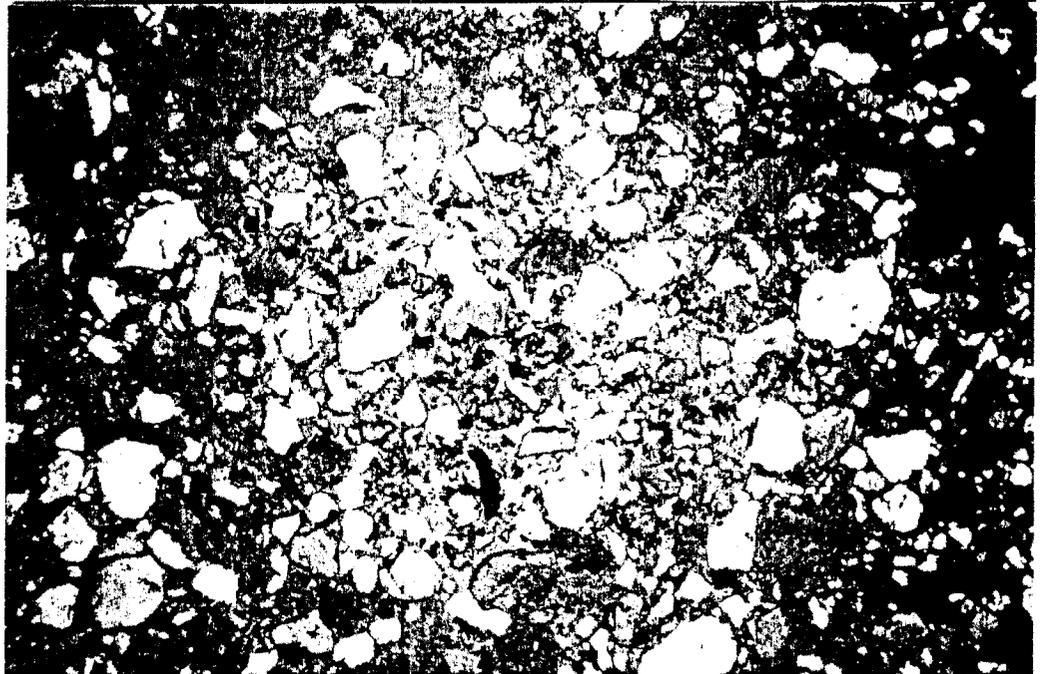
Sous **le** traitement 9, on note au niveau de cet horizon une forte infiltration de La matière organique ; sous L'effet de cette matière organique **le** plasma apparait en certains endroits **très** aggloméré donnant un assemblage tendant vers une microstructure grumeleuse.

L'effet des amendements organiques est beaucoup **plus** sensible dans **l'horizon sous cultural**, **plus** argileux, où L'humus se Lie à la fraction **colloïdale** (kaolinite + fer) pour donner un ciment **floculé**, aggloméré ayant une action bénéfique sur **la** porosité du **sol**.



Témoïn  
Gr 2,5 x 1,25 x 2,5  
Horizon cultural  
(0 - 15 cm)

Traite-ment 5  
Gr 2,5 x 1,25 x 2,5  
Horizon cultural  
(0 -- 15 cm)



Traitement 9  
Gr 2,5 x 1,25 x 2,5  
Horizon cultural  
(0 - 15 cm)

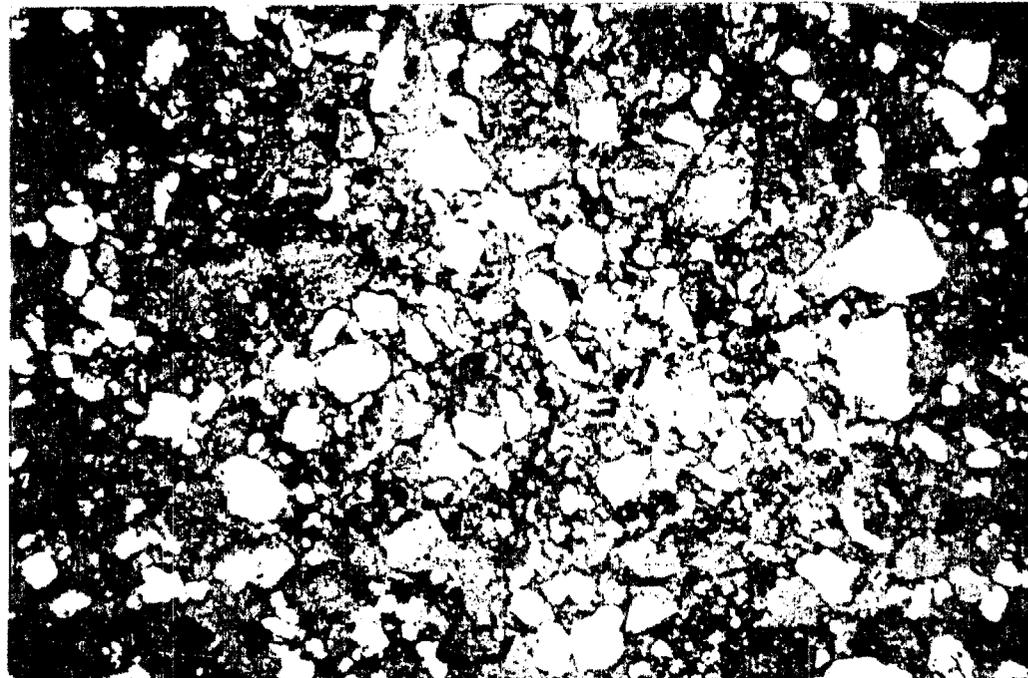


Grossissement  
(25 x 1,5 x 2,5)  
Témoïn horizon cultural  
(0 - 15 cm)  
Plasma diffus Liant  
Les éléments du  
squelette par des ponts  
assemblage de type  
porphyrique

Gr 25 x 1,5 x 2,5  
Traitement 5  
Horizon cu Ltura L  
(0 - 15 cm)  
Le plasma apparait  
plus restreint plus  
aggloméré



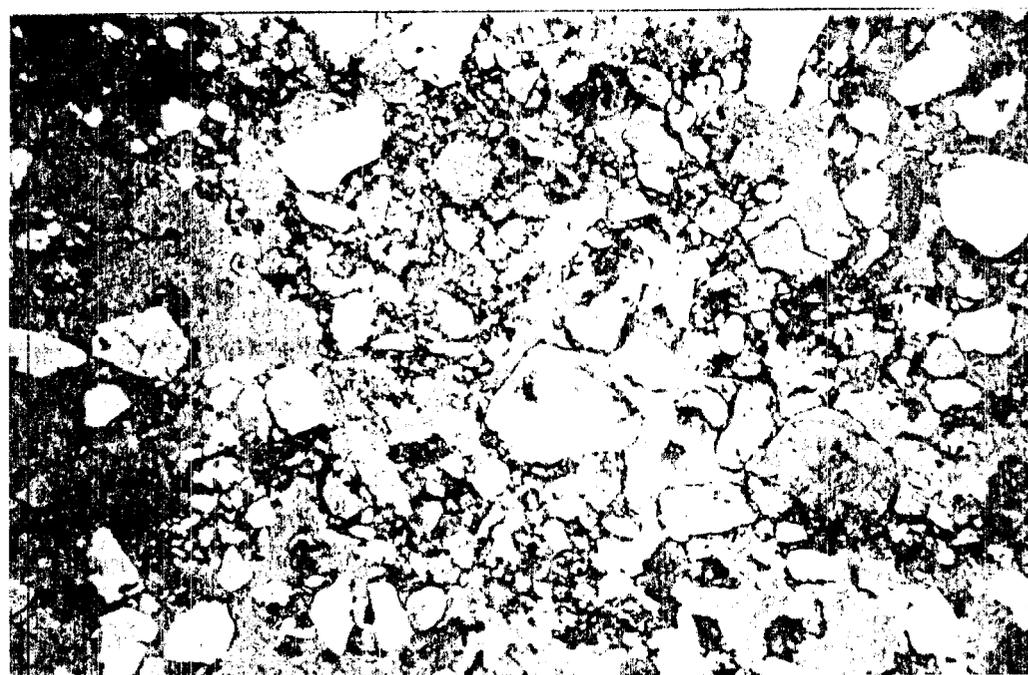
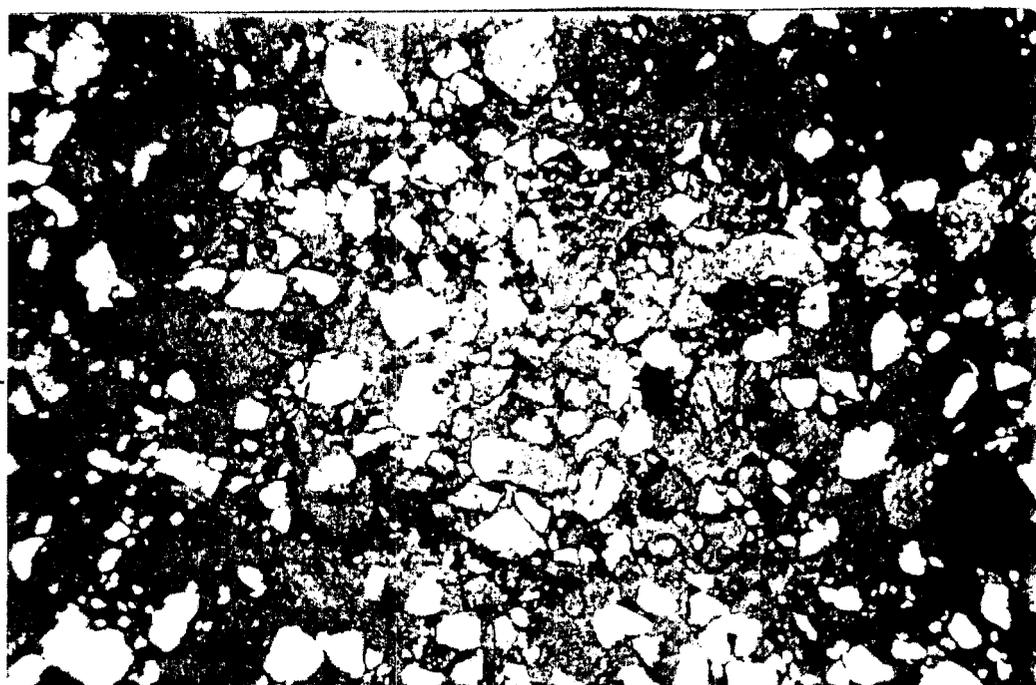
Gr 25 x 1,5 x 2,5  
Traitement 9  
Horizon cultural  
(0 - 15 cm)  
Le plasma flocculé  
humique entoure les  
grains de quartz du  
squelette



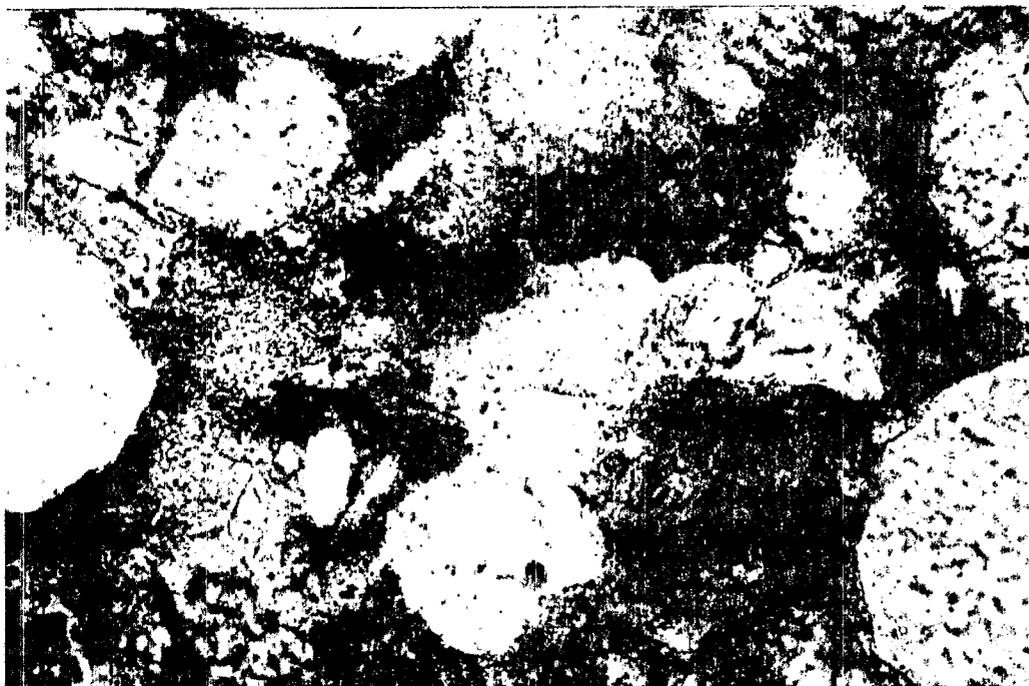
Gr 2,5 x 1,25 x 2,5  
Témoïn - horizon sous  
cultural (25 - 35 cm)  
Assemblage de type  
porphyrique avec  
l'existence de ponts  
de plasma bien  
individualisés

Gr 2,5 x 1,25 x 2,5  
Traitement 5  
horizon sous cultural  
(25 - 35 cm)

L'assemblage est encore  
de type porphyrique mais  
les ponts diminuent il  
n'y a un début d'agglomé-  
ration du plasma



Gr 2,5 x 1,25 x 2,5  
Traitement 7  
horizon sous cultural  
(25 - 35 cm)  
Très nette agglomération  
du plasma avec de place  
en place un empilement  
des grains de quartz du  
squelette



Gr 25 x 1,5 x 2,5

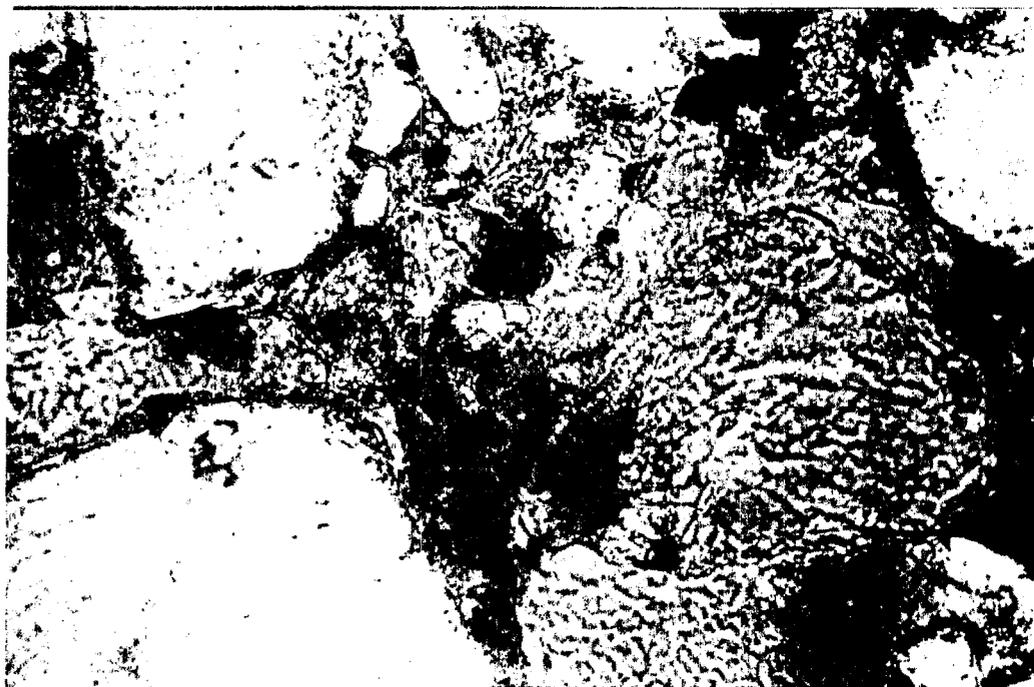
Témoin - horizon sous  
cultural (25-35 cm)

Les ponts de plasma  
apparaissent très  
nettement. Les éléments  
du squelette sont  
noyés dans un plasma  
diffus

Gr 25 x 1,5 x 2,5

Traitement 5  
Horizon sous cultural  
(25 - 35 cm)

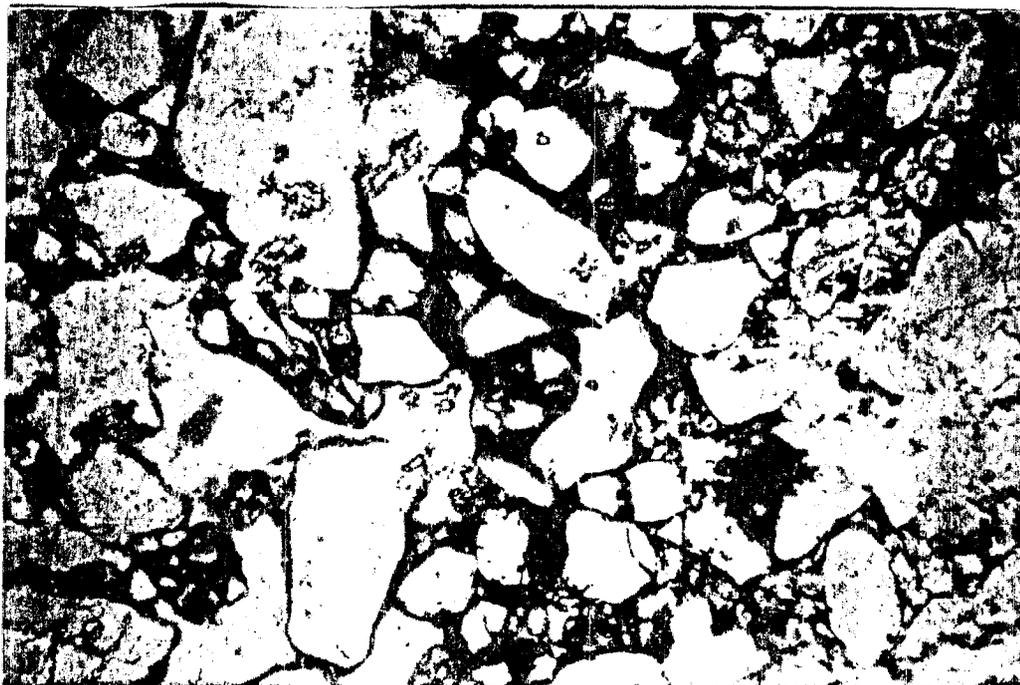
Sous l'action de la  
matière organique le  
plasma s'agglomère



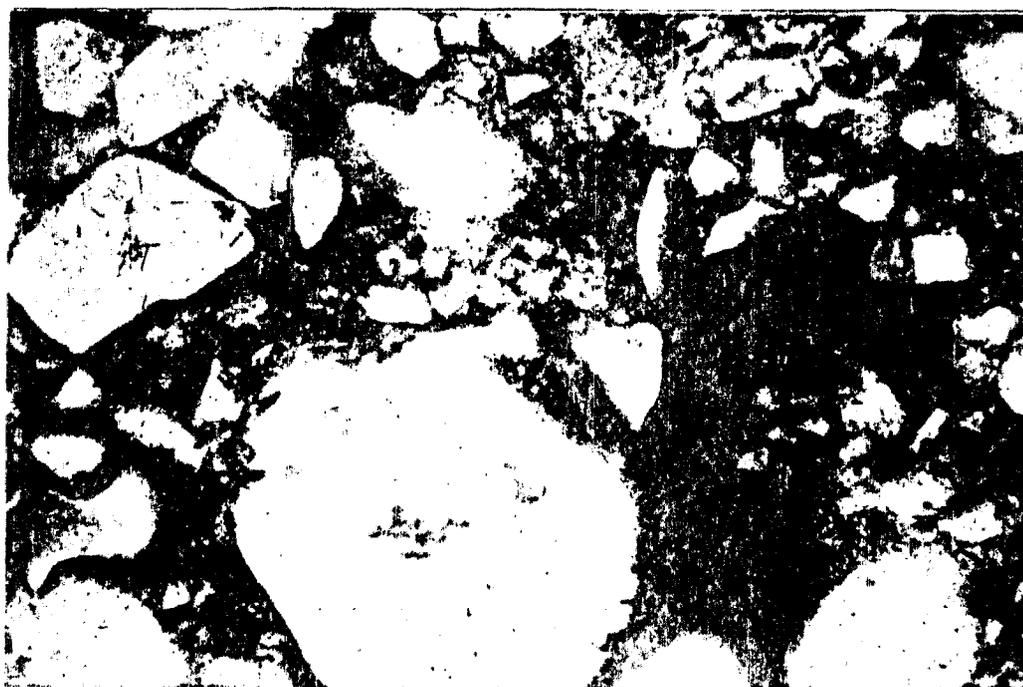
Gr 25 x 1,5 x 2,5

Traitement 9  
Horizon sous cultural  
(25 - 35 cm)

Le plasma humide  
apparaît très aggloméré  
donnant une microstruc-  
ture grumelleuse



Gr 6,3 x 12,5 - Horizon cultural 0 - 15 cm - Lumière naturelle



Gr 16 x 12,5 - Horizon cultural 0 - 15 cm - Lumière naturelle

Dépôts d'argile orientés par suite des phénomènes de réorganisation de la phase argileuse - Témoin

## 2. - ANALYSES CHIMIQUES

Comme pour les mesures physiques, nous présenterons les résultats des analyses chimiques sous forme de tableaux avec les moyennes des répétitions internes.

### a) Mesures du pH

pH Profondeurs	Témoïn (FoxTo)		5 (F <sub>2</sub> x T <sub>2</sub> )		9 (F <sub>3</sub> x T <sub>3</sub> )		Profi 1 de bordure	
	PH eau	PH KCL	PH eau	PH KCL	PH eau	PH KCL	PH eau	PH Kcl
0 - 15 cm	5,88	5,13	5,47	4,44	5,57	4,48	6,70	5,70
15 - 30 cm	5,79	4,95	5,48	4,40	5,48	4,30	6,50	5,60
30 - 60 cm	5,84	4,94	5,85	4,84	5,74	4,85	6,05	5,15
60 - 90 cm	5,85	4,94	5,98	4,83	6,02	5,20	-	-

Tableau n° 14 : Résultats des mesures de PH

Les résultats du tableau n° 14 montrent que L'application des traitements 5 et 9 induit une acidification du sol (figure n° 2). Cependant, La comparaison des valeurs du pH mesurées sur Le témoin à celles du profil de bordure jamais cultivé montre que La simple mise en culture des sols déclenche un processus d'acidification. Cette acidification est renforcée par l'application des traitements 5 et 9 en surface ; Le tableau n° 19 montre que dans Les horizons 0 - 15 cm et 15 - 30 cm toutes les différences entre Le 1 et Le 5 d'une part, et, d'autre part, entre Le et Le 9 sont toutes très hautement significatives alors pour Le 5 et Le 9, Les différences ne sont pas significatives. Dans l'horizon 30 - 60 cm aucune des différences entre traitements n'est significative. Dans L'horizon 60 - 90 cm on note une élévation du pH du traitement 9 significativement différent de celui des deux autres traitements.

Cette acidification est due à une décalcification du complexe plus forte sous Les traitements 5 et 9 dans L'horizon 0 - 30 cm. Elle s'accompagne d'une apparition d'aluminium échangeable dans le profil de ces derniers traitements (tableau n° 15 annexes).

b) Matière organique et carbone total. (figure n° 3)

Profondeurs Traitements	Matière organique %				Carbone total ‰			
	0-15cm	15-30cm	30-60cm	60-90cm	0-15cm	15-30cm	30-60cm	60-90cm
Témoin(FoxTo)	0,55	0,41	0,30	0,29	3,23	2,4	1,74	1,71
5 (F <sub>2</sub> x T <sub>2</sub> )	0,52	0,44	0,32	0,31	3,01	2,6	1,9	1,8
9 (F <sub>3</sub> x T <sub>3</sub> )	0,46	0,41	0,31	0,28	2,7	2,3	1,8	1,66

Tableau n° 15 : Matière organique et carbone total

L'analyse statistique montre que les différences entre horizons sont toutes significatives pour l'ensemble des traitements considérés.

Le traitement 5 est comparable au témoin, il contribue à maintenir le taux de carbone total. et de la matière organique au même niveau que celui du témoin. Par contre, le traitement 9 entraîne une baisse assez sensible du taux de matière organique et du carbone total par rapport au témoin dans l'horizon 0 - 15 cm. L'analyse statistique (test F comparaison des moyennes) le montre bien. Les différences entre le 1 et Le 9 ne sont significatives que dans cet horizon alors que le 5 et le témoin ne sont pas différents dans les deux premiers horizons. Dans les deux derniers horizons, Les différences ne sont pas significatives entre ces deux traitements mais on note une tendance allant dans le sens d'une augmentation du taux des éléments sous le 5 par rapport au témoin. Comme le témoin, le traitement 5 est significativement différent du 9 dans les deux premiers horizons (tableau n° 19).

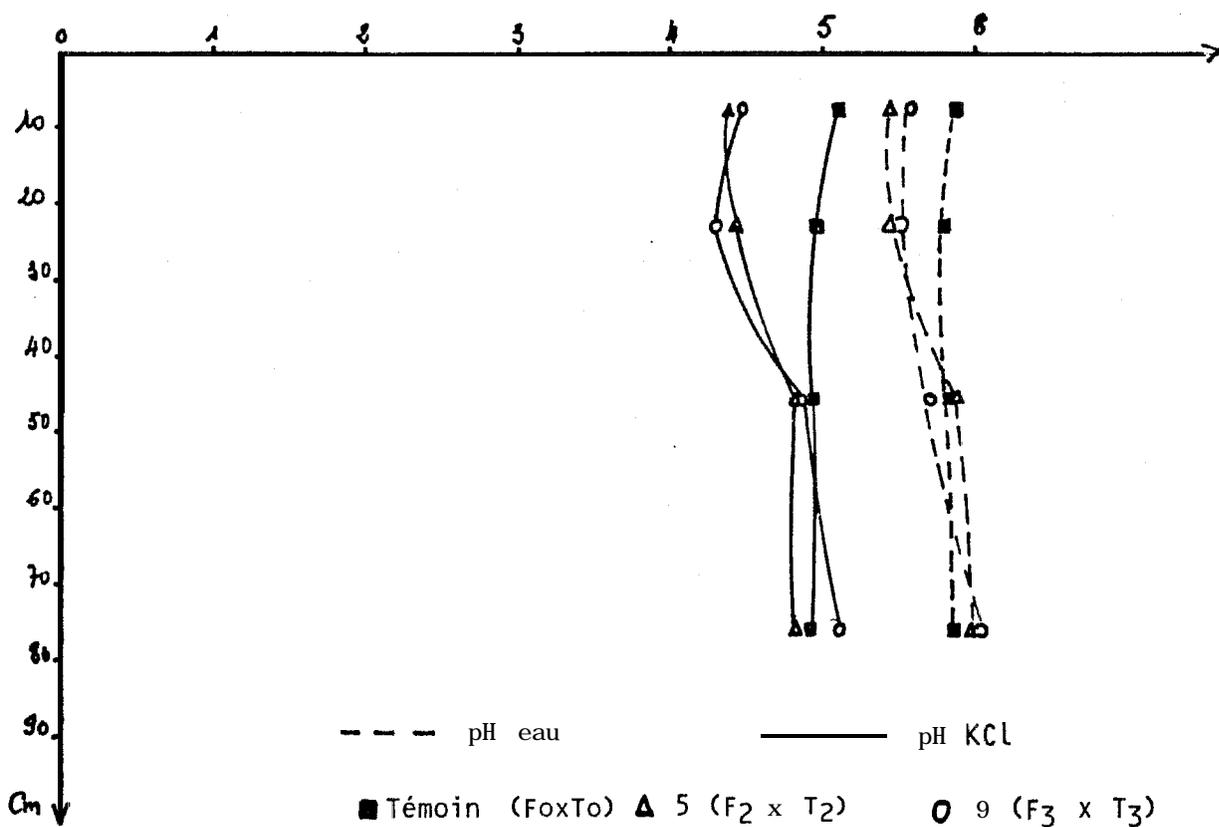


Figure n° 2 : Variations du pH en fonction des traitements

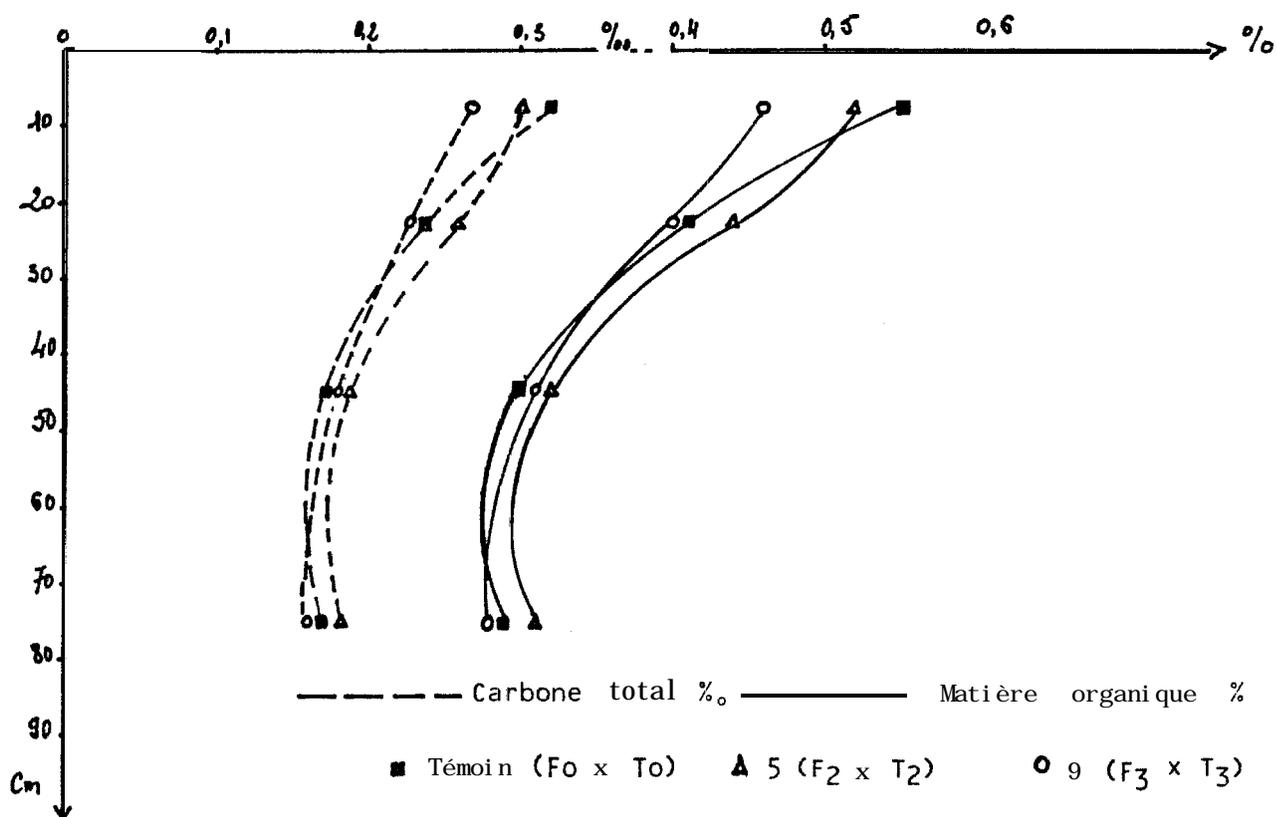


Figure n° 3 Répartition du carbone total et de la matière organique du sol sous les traitements 1, 5 et 9

c) Phosphore total et assimilable

	Témo in (F <sub>0</sub> xT <sub>0</sub> )		5 (F <sub>2</sub> x T <sub>2</sub> )		9 (F <sub>3</sub> x T <sub>3</sub> )	
Formes de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Profondeurs	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ass.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ass.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ass.
0 - 15 cm	75	10	100	25	137	35
15 - 30 cm	83	9	93	13	113	26
30 - 60 cm	85	9	89	10	92	10
60 - 90 cm	87	8	103	7	96	7

Tableau n° 16 : Phosphore total et assimilable (olsen/dabin) en ppm

Si l'on applique le test F aux variations verticales du taux de phosphore total et assimilable il apparait que sous le traitement 9 les différences entre horizons sont très hautement significatives F calculé = 31,6 pour un F théorique de 4,46 % (phosphore total) et pour le phosphore assimilable un F calculé de 70,81, pour un F théorique de 7,59 %. Pour le traitement 5 également ces différences sont toutes significatives (F calculé = 7,45 pour le phosphore total et 83,93 pour le phosphore total).

Par contre, pour Le témoin, Les différences ne sont pas significatives pour les mêmes valeurs du F théorique, nous obtenons des F calculé de 0,65 pour le phosphore total et 0,32 pour le phosphore assimilable.

De La comparaison des traitements, il ressort que toutes les différences sont très hautement significatives dans Les horizons 0-15 cm et 15-30cm (tableau n° 19). Au delà de cette limite, les différences ne sont plus significatives sauf pour La différence entre le témoin et le 5 dans l'horizon 60-90cm.

Ainsi Le taux du phosphore total et assimilable augmente avec L'intensité des traitements. Il y a accumulation de cet élément sous les traitements 5 et 9 dans les deux premiers horizons, Le taux du phosphore total sous Le témoin est multiplié par deux sous Le 9 dans L'horizon 0-15. Cette accumulation décroît ensuite avec La profondeur (figure n° 4).

Éléments échangeables C. E. C. et somme des bases

Témoin (Fo x To)

	Ca méq/100g	Mg méq/100g	K méq/100g	C. E. C. méq/100g	Somme des bases méq/100g
0 - 15 cm	1,82	0,28	0,06	1,91	2,16
15 - 30 cm	1,82	0,22	0,04	1,98	2,10
30 - 60 cm	1,9	0,33	0,035	2,24	2,25
60 - 90 cm	1,95	0,56	0,04	3,20	2,55

5 (F<sub>2</sub> x T<sub>2</sub>)

0 - 15 cm	1	0,11	0,068	1,64	1,19
15 - 30 cm	1,35	0,17	0,08	1,91	1,61
30 - 60 cm	1,8	0,28	0,047	1,97	2,14
60 - 90 cm	2,16	0,72	0,05	3,13	2,96

9 (F<sub>3</sub> x T<sub>3</sub>)

0 - 15 cm	1,06	0,14	0,06	1,55	1,27
15 - 30 cm	1,02	0,13	0,12	1,72	1,28
30 - 60 cm	1,55	0,35	0,09	2,05	2,00
60 - 90 cm	1,91	0,56	0,05	2,52	2,54

Tableau n° 17 : Ca, Mg et K échangeables, CEC et la somme des bases en méq/100 g

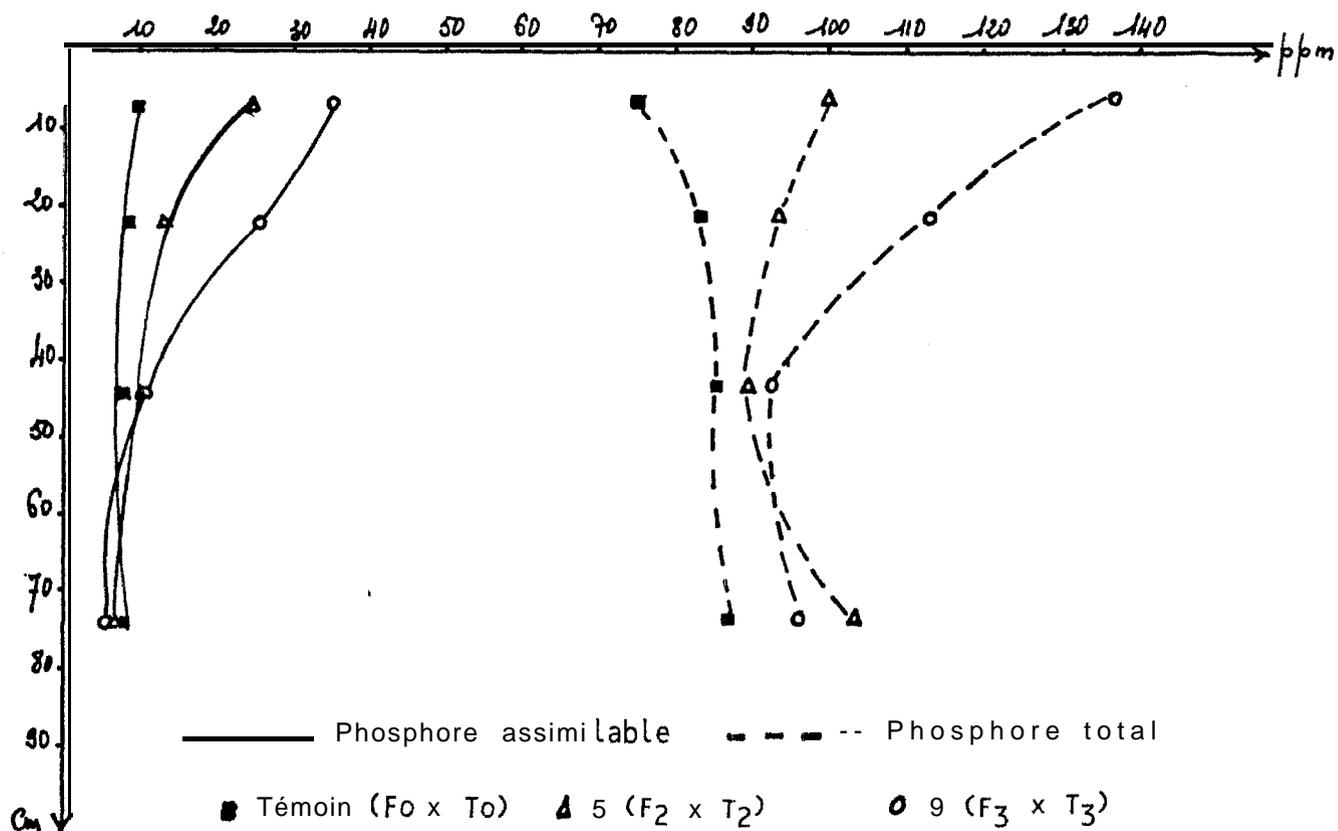


Figure n° 4 : Répartition du phosphore en fonction des traitements

En dehors du calcium échangeable du témoin, toutes les différences entre horizons sont toutes significatives pour les trois traitements.

Les profils de répartition des éléments échangeables sont différents suivant Les traitements (figure n° 5).

On remarque une **baisse** relativement importante de la capacité d'échange cationique du sol sous Les traitements 5 et 9 (figure n° 6) de même que de La somme des bases ; cette baisse est surtout marquée dans L'horizon 0-30 cm **elles** sont corrélatives de la baisse du pH.

L'analyse statistique montre que cette baisse marque une différence significative dans l'horizon 0-15 entre le témoin et Le 5 et au **delà** les différences ne sont plus significatives. Par contre, les différences entre le témoin et le 9 sont toujours très hautement significatives ce qui montre bien que la baisse est surtout accentuée sous Le 9.

Pour Le calcium et le magnésium, on note une **baisse du taux** de ces éléments sous le 5 et Le 9 très marquée en surface. Les différences entre Le **témoin** et le 5 d'une part, et le 9 d'autre part sont toutes très hautement significatives dans L'horizon 0 - 30 cm alors que **celles** entre le 5 et le 9 ne sont pas significatives.

Les valeurs du potassium échangeable augmentent sous le 9 et le 5 dans Les horizons 15-30 et 30-60 cm. Cette augmentation est très marquée sous Le 9 par rapport au témoin.

Les différences que cette augmentation induit entre les traitements 5 et 9 par rapport au témoin sont toutes très hautement significatives (tableau n° 19).

Cette augmentation du potassium échangeable n'affecte pas l'horizon 60-90 cm au niveau de ce dernier Les différences entre traitements ne **sont pas** significatives.

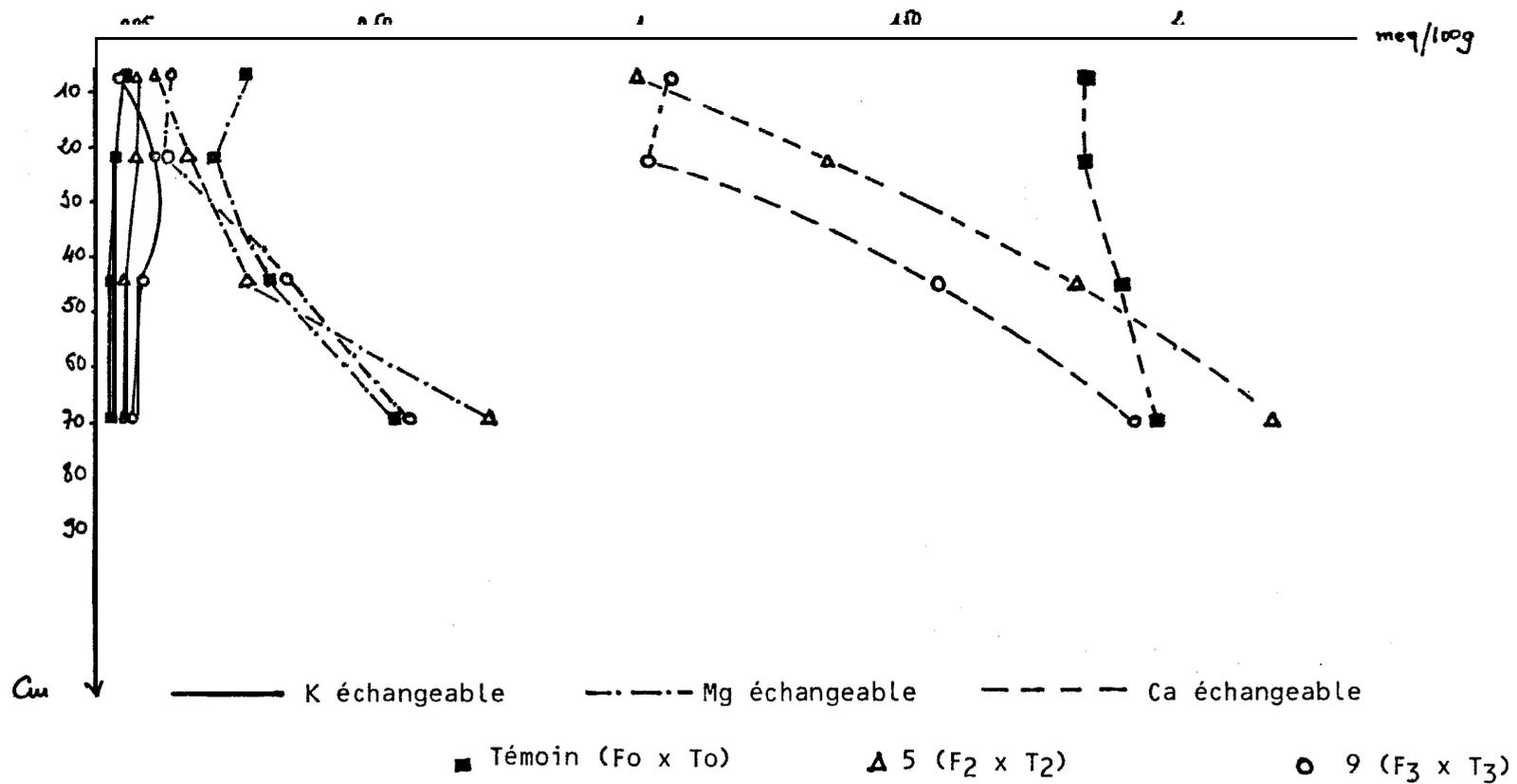


Figure n° 5 : Répartition des cations échangeables sous les différents traitements

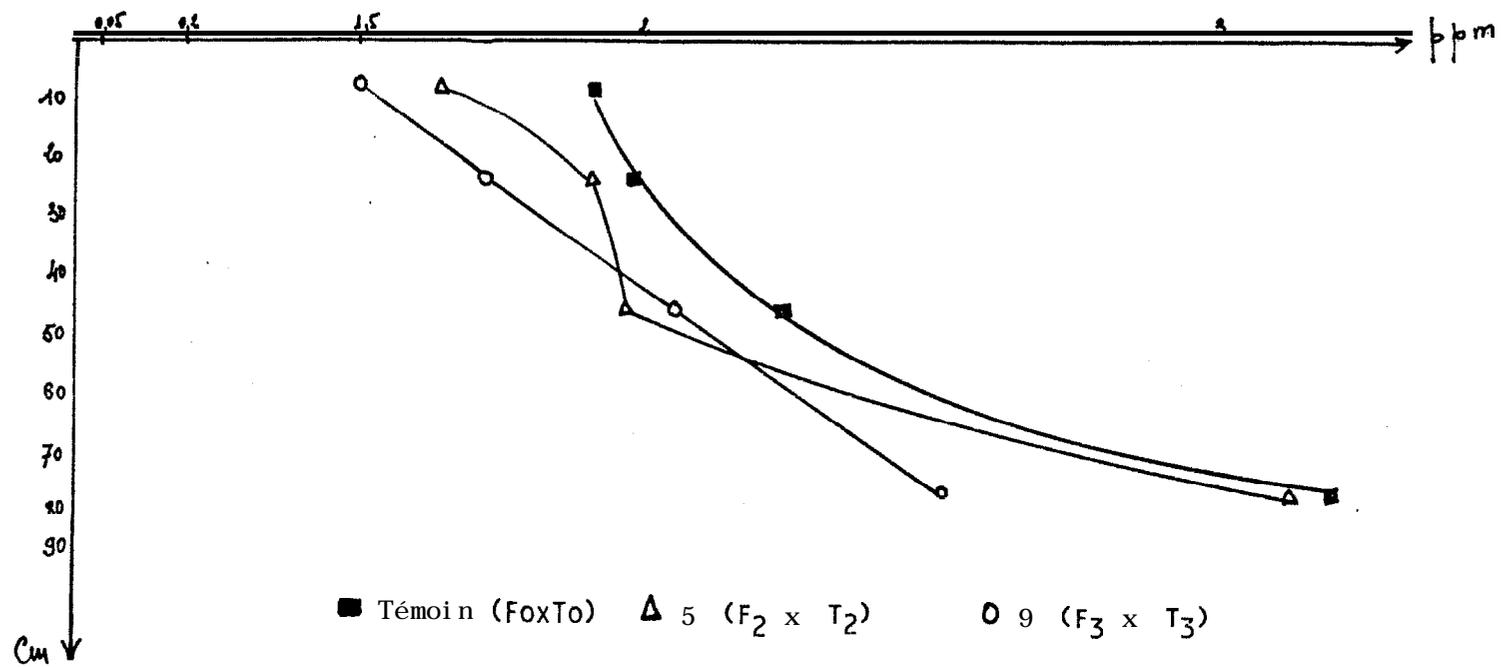


Figure n° 6 : Variations de La capacité d'échange cationique du sot en fonction des traitements

Azote total

	Témoïn (F <sub>0</sub> x T <sub>0</sub> )	5 (F <sub>2</sub> x T <sub>2</sub> )	9 (F <sub>3</sub> x T <sub>3</sub> )
0 - 15cm	0,31	0,32	0,24
15 - 30 cm	0,26	0,30	0,18
30 - 60 cm	0,31	0,27	0,17
60 - 90cm	0,33	0,25	0,17

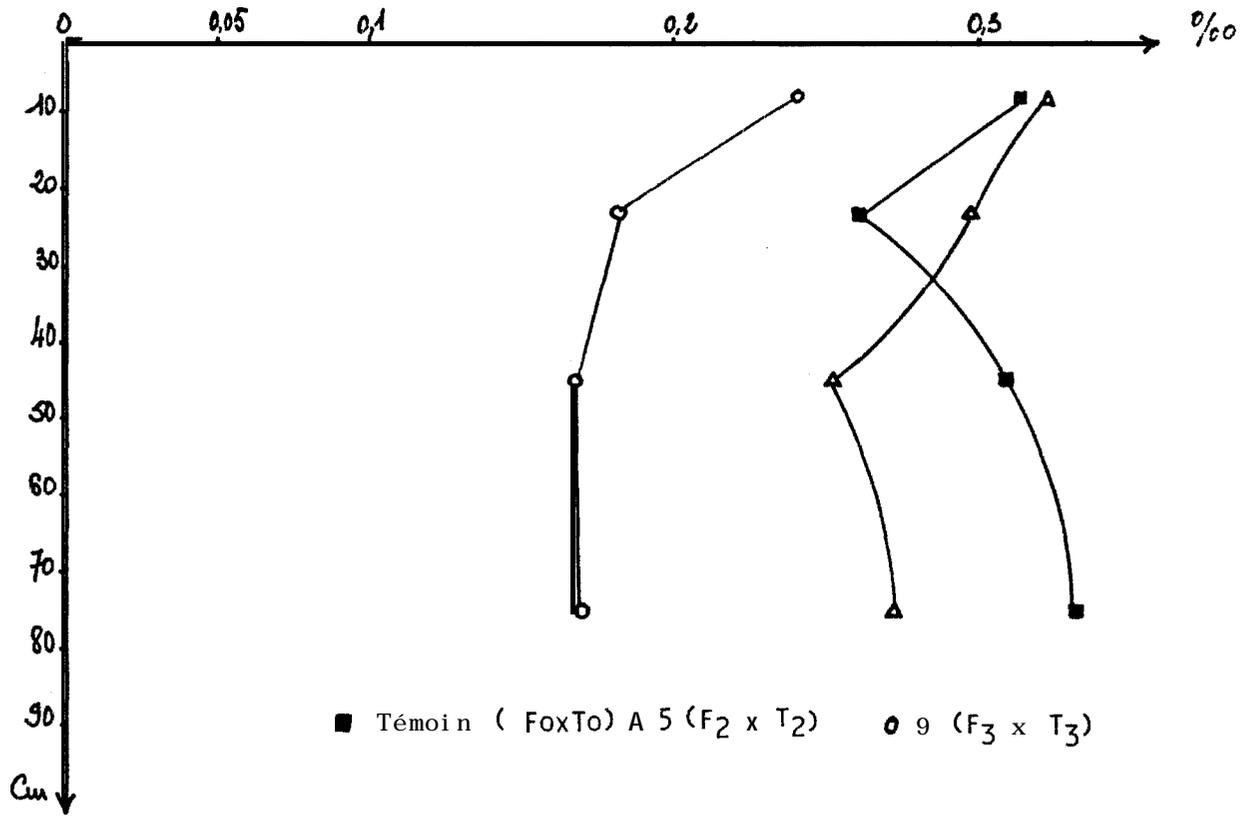
Tableau n° 18 : azote total en ‰.

Le taux d'azote total accuse sous le traitement 9 une baisse assez importante par rapport au témoin. Cette baisse est légèrement atténuée en surface par les apports d'engrais, elle augmente avec la profondeur.

Le traitement 5 maintient les teneurs en azote total du sol au niveau de celui du témoin dans l'horizon 0 - 30 cm par suite de l'enfouissement des pailles de récoltes, puis comme pour le traitement 9 le taux d'azote baisse en profondeur (figure n° 7).

Les tests statistiques montrent que les différences entre le témoin et le 5 ne deviennent significatives qu'en dessous de 30 cm alors que celles entre le témoin et le 9 sont toujours très hautement significatives (tableau n°19)

Cependant, la détermination des formes organiques de l'azote fait apparaître une nouvelle répartition de ces fractions sous l'action des traitements. En effet, le tableau 14 (annexe) montre que le pourcentage dans N total de la fraction azote "aminé" source d'alimentation essentielle des plantes passe de 50 % du témoin à 60,5 % du traitement 9, tandis que la fraction azote hétérocyclique pratiquement non assimilable par les plantes va de 27 % sous le témoin à 17 % sous le 9.



Fiaure n° 7 : Profil de répartition de L'azote total

Eléments Profondeurs	Ca échangeable		Mg échangeable		K échangeable		N total		CEC		C carbone total		pH		Phosphore total		F théorique	
	1-5	1-9	1-5	1-9	1-5	1-9	1-5	1-9	1-5	1-9	1-5	1-9	1-5	1-9	1-5	1-9	1-5	1-9
0 - 15 cm	1-5 THS	1-5 THS	1-5 NS	1-5 NS	1-5 HS	1-5 NS	1-5 THS	1-5 THS	1-5 HS	1-5 NS	1-5 THS	1-5 THS	1-5 THS	1-5 THS	1-5 THS	1-5 THS	1-5 THS	1-5 THS
	(F calc. 91,28)	(F calc. 160,3)	(F calc. 0,96)	(F calc. 0,18)	(F calc. 6,65)	(F calc. 1,75)	(F calc. 116,17)	(F calc. 36,03)										
	1-9 THS	1-9 THS	1-9 NS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 THS
5-9 NS	5-9 NS	5-9 NS	5-9 THS	5-9 NS	5-9 HS	5-9 NS	5-9 THS	5-9 NS	5-9 HS	5-9 NS	5-9 NS	5-9 THS	5-9 THS	5-9 THS	5-9 THS	5-9 THS	5-9 THS	5-9 THS
(F calc. 39,3)	(F calc. 48,66)	(F calc. 1,19)	(F calc. 17,04)	(F calc. 13,46)	(F calc. 16,64)	(F calc. 45,40)	(F calc. 112,35)											
(F calc. 0,36)	(F calc. 1,61)	(F calc. 0,24)	(F calc. 16,93)	(F calc. 1,51)	(F calc. 4,97)	(F calc. 0,75)	(F calc. 30,51)											
																		4,49 à 5 %
15 - 30 cm	1-5 THS	1-5 HS	1-5 THS	1-5 NS	1-5 NS	1-5 NS	1-5 THS	1-5 THS	1-5 NS	1-5 NS	1-5 THS	1-5 THS	1-5 THS	1-5 THS	1-5 THS	1-5 THS	1-5 THS	1-5 THS
	(F calc. 25,96)	(F calc. 5,08)	(F calc. 17,56)	(F calc. 3,06)	(F calc. 1,31)	(F calc. 4,47)	(F calc. 35,52)	(F calc. 15,65)										
	1-9 THS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 NS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 THS
(F calc. 43,39)	(F calc. 12,55)	(F calc. 28,79)	(F calc. 21,87)	(F calc. 10,19)	(F calc. 0,28)	(F calc. 51,81)	(F calc. 53,52)											8,13 à 1 %
5-9 THS	5-9 NS	5-9 HS	5-9 THS	5-9 NS	5-9 HS	5-9 NS	5-9 THS	5-9 NS	5-9 HS	5-9 NS	5-9 NS	5-9 THS	5-9 THS	5-9 THS	5-9 THS	5-9 THS	5-9 THS	5-9 THS
(F calc. 8,72)	(F calc. 3,89)	(F calc. 4,93)	(F calc. 56,83)	(F calc. 4,36)	(F calc. 4,87)	(F calc. 2,87)	(F calc. 21,10)											
30 - 60 cm	1-5 NS	1-5 NS	1-5 THS	1-5 THS	1-5 HS	1-5 NS	1-5 NS	1-5 NS	1-5 NS	1-5 NS	1-5 NS	1-5 NS	1-5 NS	1-5 NS	1-5 NS	1-5 NS	1-5 NS	1-5 NS
	(F calc. 0,49)	(F calc. 1,66)	(F calc. 8,70)	(F calc. 8,45)	(F calc. 4,88)	(F calc. 4,17)	(F calc. 1,36)	(F calc. 1,81)										
	1-9 THS	1-9 NS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 NS	1-9 NS	1-9 NS	1-9 NS	1-9 NS	1-9 NS	1-9 NS	1-9 NS	1-9 NS	1-9 NS	1-9 NS	1-9 NS	1-9 NS	1-9 NS
(F calc. 8,38)	(F calc. 0,31)	(F calc. 42,99)	(F calc. 312,83)	(F calc. 2,07)	(F calc. 1,00)	(F calc. 0,65)	(F calc. 4,07)											
5-9 HS	5-9 HS	5-9 THS	5-9 THS	5-9 NS	5-9 NS	5-9 NS	5-9 NS	5-9 NS	5-9 NS	5-9 NS	5-9 NS	5-9 NS	5-9 NS	5-9 NS	5-9 NS	5-9 NS	5-9 NS	5-9 NS
(F calc. 7,13)	(F calc. 6,62)	(F calc. 26,90)	(F calc. 22,81)	(F calc. 1,41)	(F calc. 1,58)	(F calc. 0,01)	(F calc. 1,28)											
60 - 90 cm	1-5 NS	1-5 HS	1-5 NS	1-5 HS	1-5 NS	1-5 NS	1-5 NS	1-5 THS	1-5 NS	1-5 NS	1-5 NS	1-5 NS	1-5 NS	1-5 NS	1-5 NS	1-5 NS	1-5 NS	1-5 NS
	(F calc. 1,6)	(F calc. 5,95)	(F calc. 3,16)	(F calc. 6,57)	(F calc. 0,58)	(F calc. 2,51)	(F calc. 1,00)	(F calc. 16,48)										
	1-9 NS	1-9 NS	1-9 NS	1-9 THS	1-9 THS	1-9 NS	1-9 THS	1-9 NS	1-9 NS	1-9 NS	1-9 THS	1-9 NS	1-9 NS	1-9 NS	1-9 NS	1-9 NS	1-9 NS	1-9 NS
(F calc. 0,06)	(F calc. 0,02)	(F calc. 3,51)	(F calc. 82,19)	(F calc. 44,12)	(F calc. 1,47)	(F calc. 9,28)	(F calc. 0,95)											
5-9 HS	5-9 HS	5-9 NS	5-9 THS	5-9 THS	5-9 NS	5-9 THS	5-9 NS	5-9 HS	5-9 NS	5-9 THS	5-9 NS	5-9 NS	5-9 NS	5-9 NS	5-9 NS	5-9 NS	5-9 NS	5-9 NS
(F calc. 6,13)	(F calc. 7,09)	(F calc. 2,29)	(F calc. 66,97)	(F calc. 85,15)	(F calc. 3,53)	(F calc. 8,31)	(F calc. 3,23)											

Tableau n° 19 : Tableau récapitulatif des résultats de l'analyse statistique (test de F) pour les paramètres chimiques

D'autre part les tests de minéralisation après incubation du sol, pendant 15 jours avec 20 ppm d'azote urée montrent que malgré la baisse du taux d'azote total le traitement 9 est le plus apte à minéraliser ses réserves et à les mettre à la disposition des plantes (tableau 14 b annexe).

Les résultats des analyses chimiques montrent qu'en dehors du phosphore et du potassium échangeable, l'intensification du système sol sableux - plantes entraîne une baisse des caractéristiques chimiques du sol.

Si l'on compare les analyses du profil de bordure (prises comme représentatives de l'état initial du sol avant expérimentation) à celles effectuées en 1972 et 1980, on note une tendance évolutive différente de la répartition des éléments en fonction des traitements (tableau n° 20 ci-dessous).

0 - 15 cm	Profil bordure	Analyses de 1972			Analyses de 1980		
		1(F <sub>0</sub> xT <sub>0</sub> )	5(F <sub>2</sub> xT <sub>2</sub> )	9(F <sub>3</sub> xT <sub>3</sub> )	1(F <sub>0</sub> xT <sub>0</sub> )	5(F <sub>2</sub> xT <sub>2</sub> )	9(F <sub>3</sub> xT <sub>3</sub> )
Carbone	7,5	4,8	5,1	4,8	3,2	3,01	2,7
Azote total %	0,6	0,34	0,36	0,35	0,31	0,32	0,24
Ca méq/100 g	2,78	1,2	1,3	1,7	1,82	1	1,06
Mg méq/100 g	0,63	0,6	0,6	0,5	0,30	0,11	0,14
K méq/100 g	0,08	0,06	0,07	0,09	0,06	0,07	0,06
T méq/100	3,83	2,8	2,8	3,0	1,91	1,64	1,55

15 - 30 cm	Profil bordure	Analyses de 1972			Analyses de 1980		
		1(F <sub>0</sub> xT <sub>0</sub> )	5(F <sub>2</sub> xT <sub>2</sub> )	9(F <sub>3</sub> xT <sub>3</sub> )	1(F <sub>0</sub> xT <sub>0</sub> )	5(F <sub>2</sub> xT <sub>2</sub> )	9(F <sub>3</sub> xT <sub>3</sub> )
Carbone total %	4,7	3,4	4	3,5	2,4	2,6	2,3
Azote total %	0,52	0,27	0,32	0,31	0,26	0,30	0,18
Ca méq/100 g	1,71	1,2	1,4	1,8	1,82	1,35	1,02
Mg méq/100 g	0,46	0,4	0,5	0,6	0,22	0,17	0,13
K méq/100 g	0,03	0,03	0,03	0,06	0,04	0,08	0,12
T méq/100 g	2,21	3,0	3,0	3,0	1,98	1,91	1,72

Tableau n° 20 : Evolution des éléments chimiques du sol dans Les horizons 0-15 et 15-30 cm sous les traitements 1, 5 et 9

Cette évolution se fait en deux phases différentes :

- une première phase du début de l'expérimentation à 1972 au cours de laquelle on note en surface une diminution brutale de l'ordre de 50 % de tous les éléments sous tous les traitements. à l'exception du potassium échangeable et du magnésium échangeable qui se maintiennent à leur niveau de départ voire même qui augmentent sous le traitement 9. Cette baisse serait à mettre sur le compte du bouleversement induit par la mise en culture.

On note la même tendance dans l'horizon 15 - 30 cm avec une amplitude moins importante.

- une deuxième période allant de 1972 à 1980 marquée par une relative stabilisation des pertes sur le témoin et sur le traitement 5 ; des pertes sur le traitement 9 diminuent mais restent relativement importantes.

## VI. - DISCUSSION

La connaissance du comportement des paramètres physiques et chimiques du sol dont nous disposons après les différentes mesures effectuées va nous permettre de comparer les trois traitements considérés.

Il faut cependant préciser une nouvelle fois que le dispositif ne prévoit pas de répétitions et que cela constitue un réel handicap pour l'interprétation des résultats.

Du point de vue des résultats des mesures physiques les différences mises en évidence entre traitements peuvent se résumer à trois actions en surface :

- un effet du travail du sol sur la création d'une porosité de structure ; cette porosité est nulle sous le témoin et passe à 4,6 % sous le 9,

- un effet sur l'amélioration de la microporosité du sol sous les traitements travaillés par rapport au témoin,

- un effet du travail du sol sur la diminution de la force de résistance à la pénétration dans l'horizon 10-20 cm.

La création de cette porosité de structure de même que la diminution de la force de résistance à la pénétration sont directement liées à Ca pratique du labour sous les traitements 5 et 9.

L'effet des traitements 5 et 9 sur la diminution de la porosité de fissures intramottières relève de modifications intervenant sur le mode d'assemblage des éléments ; si l'on exprime ces valeurs de cette porosité de fissures en pour cent de la porosité mottière on obtient 29 %, 17 % et 20 % respectivement pour le témoin Le 5 et le 9. Ceci montre l'importance de la porosité propre des éléments structuraux sous les traitements 5 et 9 comparativement au témoin.

Dans l'horizon 25-35 cm on remarque les mêmes modifications mais encore plus marquées entre le témoin et le traitement 9 ; le traitement 5 dans cet horizon se comporte de façon comparable au témoin.

L'effet du traitement 9 sur l'amélioration de la microporosité du sol est corrélatif des modifications intervenues sur la microstructure du sol. En effet, l'observation des lames minces révèle l'existence de deux types d'assemblage différents :

- sous le témoin, nous avons un plasma abondant continu qui englobe tous les éléments du squelette donnant un assemblage serré très peu aéré,
- par contre, sous le traitement 9 le plasma sous l'effet des infiltrations de matière organique devient très aggloméré et donne un assemblage tendant vers une microstructure grumeleuse.

Concernant les analyses chimiques, la répartition des éléments dans le profil varie en fonction des traitements. Nous allons utiliser deux méthodes pour illustrer cette évolution différente :

- la méthode du bilan minéral apparent où l'on fait la différence entre les quantités d'éléments apportées au sol. (engrais) et celles prélevées par les plantes (exportations),

■ la méthode de la variation des stocks minéraux du sol. Elle traite de la variation des stocks du sol entre l'état initial (avant expérimentation) et l'état actuel (échantillons prélevés en 1980). Mais comme nous ne disposons pas des analyses avant le début de l'expérimentation, nous allons considérer les analyses du profil en bordure de L'essai qui n'a pas été cultivé depuis le début de l'expérimentation comme représentatives du point de départ.

1. ■ EVALUATION DES BILANS MINÉRAUX APPARENTS (Tableaux n° 16a, b et c annexes)

a) Bilan du potassium

Ce bilan établi sur la période 1963 - 1979 est en général négatif (-412 kg/ha pour le témoin et - 332 kg/ha pour Le 9 de  $K_2O$ ). Il ne devient positif que si l'on associe à l'application annuelle d'une fumure minérale N P K la pratique de restitutions des pailles de récoltes soit par enfouissement soit par brulis. Cet aspect est nettement mis en évidence sous Le traitement 5 qui malgré une fertilisation minérale plus faible que celle apportée sur le 9 est le seul des trois traitements à présenter un bilan potassique positif (+ 257 kg/ha de  $K_2O$ ). En effet sous ce traitement les pailles de maïs sont enfouies celles du sorgho sont brûlées tandis que sur les traitements 9 et 1 (témoin) les pailles sont totalement exportées.

Ce bilan est rendu négatif par Les exportations considérables des cultures vivrières qui ont tendance à accumuler le potassium dans leurs tissus.

b) Bilan du calcium

Dans le cadre de cette expérimentation, ce bilan n'apparaît très légèrement négatif que dans Le cas du traitement 9 (- 26 kg/ha) ; il est partout ailleurs positif aussi bien pour Le 5 que pour Le témoin.

Ceci s'explique d'une part par les apports forts appréciables des eaux de pluies (+ 95 kg/ha de Ca 0 sur le témoin) et, d'autre part, par l'emploi des phosphates calciques (tricalcique) pour Le phosphatage de fond.

### c) Bilan de l'azote

Il est globalement négatif pour l'ensemble des traitements ( = 494 kg/ha sur Le témoin, = 414 kg/ha sur Le 5; si on l'établit par année, on remarque que les pertes en azote sont fortement accrues après une culture d'arachide malgré L'inclusion dans le bilan des quantités d'azote fixées symbiotiquement (annexe 16 a, b et c).

Ces pertes sont cependant atténuées sous le traitement 5 par l'effet des restitutions des pailles de récolte.

## 2. ■ EVALUATION DES VARIATIONS RELATIVES DES STOCKS DE RESERVE MINERALE DU SOL

### a) Le stock de potassium

Si l'on établit La variation des stocks minéraux en comparant les analyses du profil de bordure (point de départ) à celles effectuées en 1972 et 1980 on remarque une évolution différente des profils de répartition des éléments en fonction des traitements appliqués.

Pour le potassium, on note une baisse dès La mise en culture sur Le témoin ; cette baisse se stabilise et ne varie pratiquement plus jusqu'en 1980 (tableaux n° 21 et 22).

Pour le traitement 5, nous avons durant La période 1963-1972 une baisse de l'ordre de 60 kg/ha sur les 3 horizons considérés. Ensuite après 1972, on note un processus d'accumulation sous L'action de la restitution des pailles de récoltes (enfouissement ou brûlis).

Sur le traitement 9, le potassium commence à s'accumuler dès la première période (1963-1972) sans doute sous l'effet des fortes doses d'engrais. Cette accumulation se poursuit dans La seconde période et apparaît très marquée dans l'horizon 15-30 cm.

Pour le traitement 5, on note une assez bonne concordance entre les résultats donnés par les 2 méthodes. Par contre, ils sont très différents dans le cas du traitement 9 et pourrait s'expliquer par le fait qu'on ait choisi le potassium échangeable comme indicateur.

En effet, **PIERI(1979)** dans une étude comparable trouve des résultats semblables et explique les différences entre traitements par une variation du rapport K mobilisable/K total.

#### b) Le stock' de calcium

Pour le calcium également, on note une évolution différente en fonction des traitements.

Le tableau n° 21 montre que les pertes en Ca 0 dès Ca mise en culture sont plus élevées sur le témoin (période départ = 1972). Ces pertes sont surtout marquées dans L'horizon (0 - 15 cm).

Dans la deuxième période (1972-1980) ces pertes deviennent nulles sous Le témoin et le calcium s'accumule tandis que sous le 9 et le 5 à un degré moindre Les pertes restent importantes.

Le tableau n° 23 représentant les variations globales état initial (profil de bordure) état final (analyses de 1980) montre bien cette évolution. Les pertes en Ca 0 du témoin sont très fortement inférieures à celles qu'on observe sous les traitements 5 et 9.

Les chiffres du bilan apparent du calcium n'ont aucune commune mesure avec ceux de La variation des stocks. Ainsi, les quantités d'éléments minéraux exportées par les plantes ne suffisent pas à expliquer les fortes pertes en Ca 0 qu'on observe. L'explication de ces pertes doit faire intervenir le processus de décalcification (lixiviation appauvrissement). Il est significatif à cet égard de noter la diminution de la quantité des pertes avec la profondeur qui présume d'une accumulation en zone plus profonde.

Profondeur	Traitements	Ca 0 en kg/ha			K <sub>2</sub> O en kg/ha			N en kg/ha		
		Témoïn (FoxTo)	5(F <sub>2</sub> xT <sub>2</sub> )	9(F <sub>3</sub> xT <sub>3</sub> )	Témoïn (FoxTo)	5(F <sub>2</sub> xT <sub>2</sub> )	9(F <sub>3</sub> xT <sub>3</sub> )	Témoïn (FoxTo)	5(F <sub>2</sub> xT <sub>2</sub> )	9(F <sub>3</sub> xT <sub>3</sub> )
0 - 15 cm		1062	995	726	-19	-10	+10	-72	-64	-69
15 - 30 cm		342	208	+60	-	-	+29	-75	-60	-63
30 - 60 cm		276	208	+262	-48	-48	-19	-30	-12	-12

Tableau n° 21 :: Variation des stocks minéraux entre profil de bordure et Les analyses effectuées en 1972

Plusieurs études menées sur sol sableux au Sénégal ont mis en évidence des phénomènes de Lixiviation du calcium très souvent renforcés par L'emploi d'engrais riches en potassium en systèmes intensifs.

### c) Le stock d'azote

Pour Le stock d'azote total, Les variations portent essentiellement sur Les horizons (0 - 15 cm) et 15-30 cm ; cela tient à La répartition très en surface de La matière organique.

Les pertes en azote sont plus élevées sous Le traitement 9 que sous Les deux autres traitements.

Les résultats du tableau n° 23 montrent que sous Le traitement 5 **l'effet** de L'enfouissement des pailles contribue à Limiter Les pertes en azote par rapport au 9 et au témoin.

L'évolution de La variation des stocks se fait de La même façon pour Le témoin et Le traitement 5 : après une **baisse** importante (pertes de L'ordre 140-170 kg/ha dans L'horizon 0 - 30 cm) dûe à La mise en **culture** Les pertes diminuent très fortement pour ne plus varier qu'entre 12 et 18 kg/ha.

Par contre, sous Le 9 Les pertes passent de 200 kg/ha durant La première période à 75 kg/ha dans La deuxième période 1972-1980.

Pour L'ensemble des trois horizons considérés, Les pertes après 16 années de culture sont de L'ordre de 250 kg/ha, 165 kg/ha respectivement pour Le 9 et Le 5 (tableau n° 23).

Les variations dans La répartition des éléments échangeables sous L'action des traitements ont **entraîné** des modifications assez importantes sur Les propriétés du **sol**.

Ainsi, La forte décalcification sous Les traitements 5 et 9 est à La base du phénomène d'acidification sous ces traitements par rapport au témoin ; **elle** s'accompagne d'une apparition dans Le profil d'aluminium échangeable.

Profondeur	Traitements	Ca 0 en kg/ha			K <sub>2</sub> O en kg/ha			N en kg/ha		
		Témoin (FoxTo)	5(F <sub>2</sub> xT <sub>2</sub> )	9(F <sub>3</sub> xT <sub>3</sub> )	Témoin (FoxTo)	5(F <sub>2</sub> xT <sub>2</sub> )	9(F <sub>3</sub> xT <sub>3</sub> )	Témoin (FoxTo)	5(F <sub>2</sub> xT <sub>2</sub> )	9(F <sub>3</sub> xT <sub>3</sub> )
0 - 15 cm		- 645	- 1196	- 7156	- 19	- 70	- 19	- 87	- 84	- 108
15 - 30 cm		+ 74	- 242	- 464	-	+ 48	+ 86	- 78	- 66	- 102
30 - 60 cm		+ 181	+ 128	- 40	- 43	- 32	+ 10	+ 3	- 15	- 39

Tableau n° 23 : Variations des stocks minéraux en kg/ha - Profil de bordure/analyses de 1980

Profondeur	Traitements	Ca 0 en kg/ha			K <sub>2</sub> O en kg/ha			N en kg/ha		
		Témoin (FoxTo)	5(F <sub>2</sub> xT <sub>2</sub> )	9(F <sub>3</sub> xT <sub>3</sub> )	Témoin (FoxTo)	5(F <sub>2</sub> xT <sub>2</sub> )	9(F <sub>3</sub> xT <sub>3</sub> )	Témoin (FoxTo)	5(F <sub>2</sub> xT <sub>2</sub> )	9(F <sub>3</sub> xT <sub>3</sub> )
0 - 15 cm		+ 417	- 201	- 430	-	-	- 29	- 9	- 12	- 33
15 - 30 cm		+ 417	- 34	- 524	-	+ 48	+ 58	- 3	- 6	- 39
30 - 60 cm		+ 504	+ 336	- 302	+ 5	+ 46	+ 29	+ 33	- 3	- 27

Tableau n° 22 : Variations des stocks minéraux - Analyses 1972/Analyses 1980

De même, les taux de matière organique baissent sous ces traitements sous l'effet du labour ainsi que Les valeurs de La capacité d'échange cationique du **sol**, du carbone total et de La somme des bases.

Seul Le phosphore s'accumule sous ces deux traitements ; L'établissement du bilan montre que Les exportations par Les plantes sont très largement inférieures aux apports (engrais) et comme Le phosphore est très peu mobile il en résulte une accumulation d'autant plus forte que Le traitement est intense.

Nous n'avons pu cependant mettre en **évidence** L'effet de cette accumulation sur Les autres caractéristiques du **sol**.

**IL** apparait après toutes ces mesures que les systèmes d'intensification proposés induisent une dégradation de La **fertilité** chimique du **sol**.

Cet appauvrissement chimique sous Les traitements 5 et 9 en plus des phénomènes d'entraînement des éléments (Lixiviation, appauvrissement) pourrait s'expliquer par Les modifications de L'enracinement sous L'effet des traitements. En effet, nous avons vu que L'enracinement de L'arachide sous le témoin était essentiellement superficiel alors qu'avec L'application des traitements 5 et 9 non seulement on améliore significativement L'enracinement de L'arachide en surface mais encore en profondeur (Les densités racinaires du témoin étant multipliées par 2 sous le 5 et par 4 sous Le 9).

## VII. \* CONCLUSION GENERALE

L'intensification de l'agriculture dans La zone de L'Afrique au Sud du Sahara représente actuellement La seule voie capable de **remédier** au **problème** du déficit céréalier quasiment endémique de cette zone du monde.

Si Les différents systèmes d'intensification (**travail du sol x fertilisation minérale et organique, semences sélectionnées traitements phytosanitaires**) offrent de réelles possibilités d'accroissement de la productivité du SOL, il n'est pas certain qu'on arrive à maintenir le niveau de fertilité du **sol** sableux réputé pour son extrême fragilité.

L'idéal serait que cette augmentation de productivité ne présente pas en contre partie un danger potentiel.

Le but de ce travail est précisément de voir si L'application de ces systèmes intensifs permet au moins de maintenir la fertilité naturel le du sol sableux à son niveau de départ. Comme nous venons de le voir lors de La discussion ce maintien n'est pas assuré.

Ce genre d'étude ne peut être mené que dans Le cadre d'une expérimentation pluriannuelle c'est ce qui explique le choix des "améliorations foncières" comme support de ce travail.

Cette expérimentation qui dure depuis 16 années et qui se poursuit encore aurait pu représenter un cadre idéal pour cette étude s'i L n'y avait pas des problèmes d'ordre méthodologique.

En effet, La disposition des parcelles est restée immuable pendant toute La durée de L'expérimentation ; d'autre part, Le dispositif expérimental ne prévoit pas de répétitions, Lesquelles nous auraient permis de mesurer La représentativité des résultats obtenus.

De plus, le gros problème enfin réside dans Le fait qu'il n'y a pas eu à intervalles réguliers des analyses qui nous permettraient d'établir L'évolution du sol ; ce travail va nous permettre tout au plus de définir un état du sol à une période déterminée de son évolution.

Du point de vue des résultats, les mesures physiques effectuées témoignent d'une action des traitements sur Le comportement du sol.

Le traitement 9 apparait comme Le plus homogène des trois traitements considérés.

Le 5 est intermédiaire entre Le 9 et Le témoin ; il est en cours d'évolution c'est ce qui explique son hétérogénéité relativement élevée.

En ce qui concerne les mesures, l'effet des traitements sur le sol apparait **plus** nettement dans l'horizon sous-cultural (**25 - 35 cm**) que dans celui de surface (**5 - 15 cm**) par suite de l'action défavorable des agents dégradants (piétinement, action des pluies à forte énergie cinétique, action des instruments mécaniques) très marquée en surface.

Cette action se manifeste de deux façons différentes :

- un effet du dernier Labour qui se manifeste par L'intermédiaire d'une porosité structurale qui apparait sous le traitement 9 dans les deux horizons, et uniquement en surface (**5 - 15 cm**) sous Le 5 ; cette porosité est inexistante sous Le témoin,

- un effet résiduel du Labour plus durable qui se manifeste sur Les mesures de pénétrométrie, sur La porosité de fissures intra-mottière. Il traduit une modification **plus** importante affectant La microstructure du **sol** et **entraîne** une amélioration de la microporosité du **sol**.

Cet ensemble de modifications sous l'action des traitements favorise L'enracinement des **plantes** sous Le 9 comme en témoignent les résultats obtenus.

Ainsi, i 1 apparait que le travail du **sol** contribue à améliorer globalement le comportement physique des sols.

L'analyse de L'évolution des rendements montre que La productivité du **sol** évaluée en **kg/ha** de matière sèche est fortement accrue grâce à L'application des traitements 5 et 9.

Cette analyse fait ressortir une action très marquée des traitements sur la détermination d'une production **optimale**. On note cependant une diminution de la **productivité** du **sol** au fil des années avec une amplitude plus marquée sous 9 et Le témoin. Par contre, sous le traitement 5 L'association fertilisation organique et minérale contribue non seulement à maintenir son niveau de production mais encore à l'élever à La hauteur de celui du 9.

Ainsi, **les résultats** de cette expérimentation montrent qu'on peut efficacement augmenter **la productivité du sol** sableux par l'application de systèmes intensifs et semi-intensifs. La diminution de **la productivité du sol** au cours du temps nous a incité à nous poser **la question de savoir si cette baisse n'est pas corrélative de celle des potentialités du sol ?**

Pour répondre à cette question, nous **avons établi les bilans** minéraux apparents et **les variations relatives des stocks** de potassium, du calcium et de l'azote. Nous ne nous sommes pas particulièrement occupés du phosphore, Le maintien de **la fertilité phosphorique** ne posant pas de problèmes particuliers (**les résultats obtenus le prouvent parfaitement**).

L'analyse de ces bilans minéraux montrent que :

- pour le potassium, **l'emploi** des engrais minéraux ternaires (NPK) à forte dose ne permet pas de maintenir **le stock** de cet élément. En effet, **le bilan** de cet élément apparaît très nettement déficitaire sous Le 9. Par contre, l'association fertilisation minérale + restitutions des pailles (enfouissement ou **brûlis**) contribue à équilibrer ce bilan (traitement 5).

- pour Le calcium, **le bilan** (apports - exportations) apparaît presque toujours positif. La décalcification apparaît très forte sous **les** traitements 9 et 5, **elle** est cependant atténuée sous ce dernier.

- pour L'azote, **le bilan** est toujours très fortement déficitaire pour l'ensemble des traitements. D'autre part, **les** taux de matière organique et du carbone **total** baissent sous **le 9** et Le 5 par rapport au témoin, ceci malgré l'enfouissement des pailles de maïs dans Le 5 et L'apport en 3 fois de 5 tonnes/ha de fumier matière sèche sur **le 9**. Si les techniques de restitutions organiques **améliorent globalement le statut minéral du sol** et maintiennent un niveau de production élevé pour **les cultures**, **elles n'assurent pas le maintien** du stock de matière organique du **sol sableux**. Tout se passe comme si toute la matière organique apportée **est littéralement calcinée**, ne laissant sur place qu'un résidu minéral.

Ainsi, il apparait que l'intensification **entraîne** une dégradation de la fertilité chimique du sol sableux. Les principaux problèmes à résoudre dans cette intensification étant représentés par le problème posé par Le calcium et la matière organique.

Si le maintien du statut calcique du sot sableux ne pose pas de problèmes insurmontables du point de vue pratique (**définition d'une véritable politique d'amendement calcique**), il suppose une meilleure connaissance des facteurs régissant la dynamique de cet élément,, Nous avons vu qu'aucune des deux méthodes employées (bilan minéral, variation du stock) ne permet de cerner correctement Le problème du calcium.

Le problème de loin le **plus** important à résoudre en vue de maintenir la fertilité du sol sous système intensif est celui de l'évolution de La matière organique du sot. Le comportement du traitement 5 montre que La fertilité du sol est dans une très large mesure dépendante du statut azoté et de l'évolution de la matière organique.

La résolution de ce problème passe nécessairement par des recherches allant dans le sens d'une meilleure **compréhension** des conditions de stabilisation de la matière organique d'une part, et d'autre part, par une valorisation par transformation préalable des résidus de récoltes.

PROFIL NIORO DU RIP

Date d'observation : Décembre 1978 - Août 1979  
 Localisation : Station de NIORO DU RIP  
 Topographie : Faible pente orientée N - S  
 Matériau originel : Continental terminal  
 Végétation : Jachère herbacée de graminées

DESCRIPTION DU PROFIL

**0 - 8 cm 5YR 5/4**

Horizon brun rouge sableux ; humifère à matière organique bien mélangée. Structure polyédrique grossière - présence de quelques galeries animales - cohésion faible porosité moyenne présence de racines  
 passage progressif à

**8 - 30 cm 5YR 5/4**

Horizon sableux, matière organique diffuse dans l'horizon. Structure polyédrique moyenne, cohésion moyenne porosité faible, débris de charbon (1 à 4 cm de diamètre)  
 passage progressif à

**30 - 140 cm 2,5YR 5/8**

Sablo-argileux humide. Structure polyédrique fine à sub angulaire, cohésion moyenne à faible en profondeur. Porosité d'ensemble moyenne ; nombreuses galeries animales - fissures verticales et durcissement à l'état sec

Classification :

sol ferrugineux tropical peu lessivé de bordure de butte sur colluvions du continental terminal.

## BIBLIOGRAPHIE

BERTRAND (R.), 1973

Morphopédologie et orientations culturelles des régions soudaniennes du Sine Saloum (Sénégal)  
Rapport IRAT/SODEVA 299 p. multig.

BLONDEL (C.), 1971

Contribution à la connaissance de la dynamique de l'azote minéral en sol ferrugineux à Nioro du Rip (Sénégal)  
Agron. Trop. extrait du vol. XXVI, n° 12

BONFILS (P.), CHARREAU (C.), MARA (C.), 1962

Etudes lysimétriques au Sénégal  
Agron. Trop., vol. XVIII, n° 10, pp. 881-904

, BRIGAUD (P.), 1965

Le climat dans les études sénégalaises  
n° 9 C. R. O. S.

BREMNER (J.M.), 1965

Inorganic forms of nitrogen  
Methodes of soil analysis pp. 1195-1198 Agronomy, CA BLACK editor

CHARREAU (C.), 1961

Dynamique de l'eau dans deux sols du Sénégal  
Agron. Trop., XVI, 5

CHARREAU (C.), 1970

Problèmes posés par la fixation et l'intensification de l'agriculture en zone tropicale sèche

CHARREAU (C.), NICOU (R.), 1971

L'amélioration du profit culturel dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche et ses incidences agronomiques  
Bulletin agronomique n° 22

CHAUVEL (C.), 1972

Observations micromorphologiques de la partie supérieure des sols rouges ferrallitiques de Casamance. Essai d'interprétation de la dynamique actuelle sous couvert forestier  
Cah. ORSTOM série Pédol., vol. X, n° 4

CHAUVEL CA.), 1977

Recherche sur La transformation des **sols ferrallitiques** dans La zone à saisons contrastées ; évolution et réorganisation des sots rouges de Moyenne Casamance (Sénégal)  
ORSTOM Paris

DANCETTE CC.), 1973

Mesures d'évapotranspiration potentielle et d'évaporation d'une nappe d'eau Libre au Sénégal. Orientation des travaux portant sur tes besoins en eau des cultures  
CNRA de Bambey (Sénégal), IRAT 32 p. multigr.

DANCETTE CC.), 1979

Rapport d'activité 1978  
ISRA (Sénégal) document multigr.

DECAU (J), 1969

Contribution à L'étude de L'influence des conditions de milieu sur La répartition de L'azote dans Le sot  
Ann. agron. 20 (1), 35-59

DIENG CM.), 1963

Etude géologique du continental terminal du Sénégal oriental  
B. R. G. M. Dakar, 23 p.

DIENG CM.), 1965

Contribution à L'étude du continental terminal  
B. R. G. M. Dakar

FIES (J.C.), 1971

Recherche d'une interprétation **texturale** de La porosité des sols  
Ann. Agron. 22 (6), pp. 655-685

FIES (J.C.), FAURE (A.), 1972

Etude expérimentale de La sensibilité au compactage des matériaux meubles en fonction de Leur composition **granulométrique**  
Ann. agron. 23 (3), pp. 317-332

FOREST CF.), 1974

Bilan hydrique efficace et perspective décadaire des besoins en eau des **cultures** pluviales en zone soudano-sahélienne  
C.I.E.H. Ouagadougou, 40 p. multigr.

FAUCK (R.), SEGUY (L.), TOBIAS CG.), 1969

Notice sur La carte des **sols** de La région de Séfa (Casamance)  
Rapport SODAI CA IRAT/ORSTOM

FRANQUIN (P.), FOREST (F.), 1977

Des programmes pour L'évaluation et L'analyse fréquentielle des termes du bilan hydrique  
Agron. Trop. vol. XXXII, n° 1, pp. 7-11

GANRY (F.), WEY (J.), 1976

Action du fractionnement de L'azote et de La date d'inoculation sur La fixation symbiotique et Le rendement de L'arachide. Prog. coord. sur L'utilisation des isotopes dans L'étude des Légumineuses AIEA/ISRA CNRA de Bambey, doc. multigr. 15 p.

GANRY (F.), GUIRAUD (G.), DOMMARGUES (Y.), 1978

Effect of straw incorporation on the yield and nitrogen balance in the sandy soil pearl millet cropping system of Sénégal  
Plant and soil 50, pp. 647-662

GUIRAUD (J.), FARDEAU (C.), 1977

Dosage par méthode Kjeldhal des nitrates contenus dans Les sols et Les végétaux  
Ann. Agron. 28 (3), pp. 329-333

KEYRABI (D.), MONNIER (G.), 1968

Etude expérimentale de L'influence de La composition granulométrique des terres sur La stabilité structurale  
Ann. Agron. Vol. 19, n° 2, pp. 129-152

LEPRUN (J.C.), 1967

Les sols de La région de Goudiry (Sénégal oriental) inventaire, relation génétique et mise en place des matériaux  
Centre ORSTOM Dakar Hann, 138 p. multigr.

MAERTENS (C.), 1964

La résistance mécanique des sols à La pénétration ses facteurs et son influence sur L'enracinement  
Ann. Agron., vol. 15, n° 5, pp. 539-554

MONNIER (G.), BUI HUU TRI, 1971

Une méthode d'évaluation de La taille des éléments structuraux  
Bull. An. Fr. Et. sol (2), pp. 17-27

MONNIER (G.), STENGEL (P.), FIES (J.C.), 1973

Une méthode de mesure de La densité apparente de petits agglomérats terreux  
Application à L'analyse des systèmes de porosité du sol  
Ann. Agron. 24 (5), pp. 533-545

MICHEL (P.), 1960

Recherches géomorphologiques en Casamance et Gambie méridionale  
Arch. BRGM Med.

**NICOU (R.), 1974**

Contribution à l'étude et à l'amélioration de la **porosité** des sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche. Conséquences agronomiques  
Agron. Trop. XXIX, n° 11, pp. 1100-1127

**NICOU (R.), 1978**

La prise en masse des sols sableux et **sablo-argileux** de la zone tropicale sèche ouest africaine  
IRAT/GERDAT 11 p. multigr.

**PIERI (C.), 1969**

Etude **pédologique** de la région de Nioro du Rip  
IRAT/CNRA de Bambey (Sénégal), 131 p. **multigr.**, 2 cartes

**PELISSIER (P.), 1966**

Les paysans du Sénégal. Les civilisations agraires du Cayor de la Casamance  
Imp. Fabiaque St Yrieux

**PIERI (C.), 1976**

Améliorations expérimentales comparées de la **capacité d'échange cationique** d'un sol très sableux du Sénégal par des apports de matière organique de goethite et de phosphate monocalcique  
CNRA de Bambey, 8 p. multigr.

**PIERI (C.), 1978**

Etude de la composition de la solution du sol d'un sol sableux du Sénégal à l'aide de capteurs en céramique poreuse  
Agron. Trop., vol. XXXIV, n° 1, pp. 9-22

**PIERI (C.), 1979**

La fertilisation potassique du mi 1 pennisetum et ses effets sur la fertilité d'un sol sableux du Sénégal. Compte rendu de cinq années d'expérimentation  
IRAT/Montpellier, ISRA/CNRA de Bambey, 71 p. multigr.

**SPECKLIN (G.), 1977**

Contribution à l'étude de la prise en masse d'un **sol** sableux de la zone tropicale sèche ouest africaine  
DEA option pédologie ENSAM/USTL Montpellier

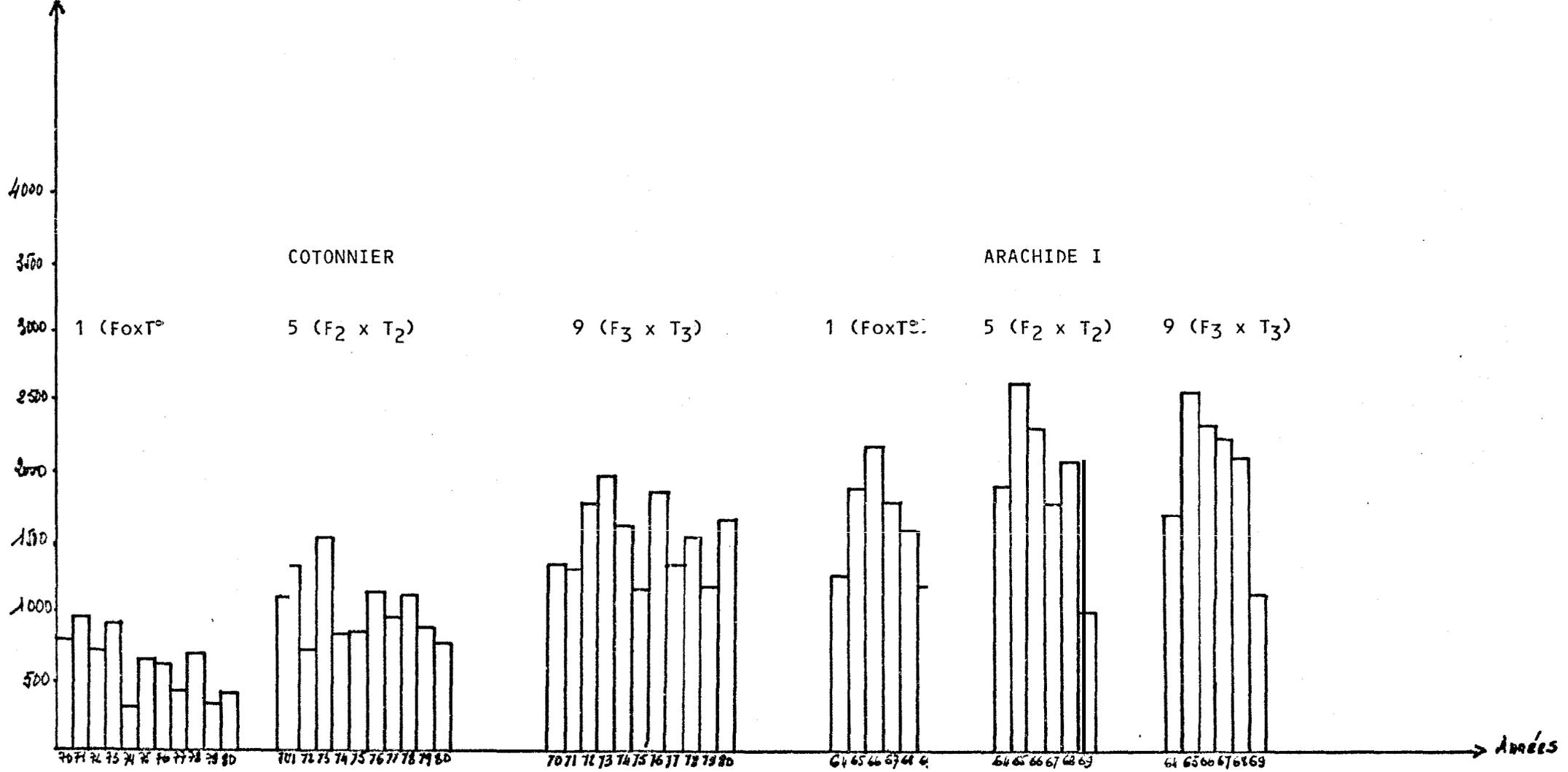
**STOOPS (G.), JONGERIUS (A.), 1975**

**Proposal for a micromorphological classification of soils materials**  
A classification of the related distributions of fine and **coarse particles**  
Geoderma, 13, pp. 189-199

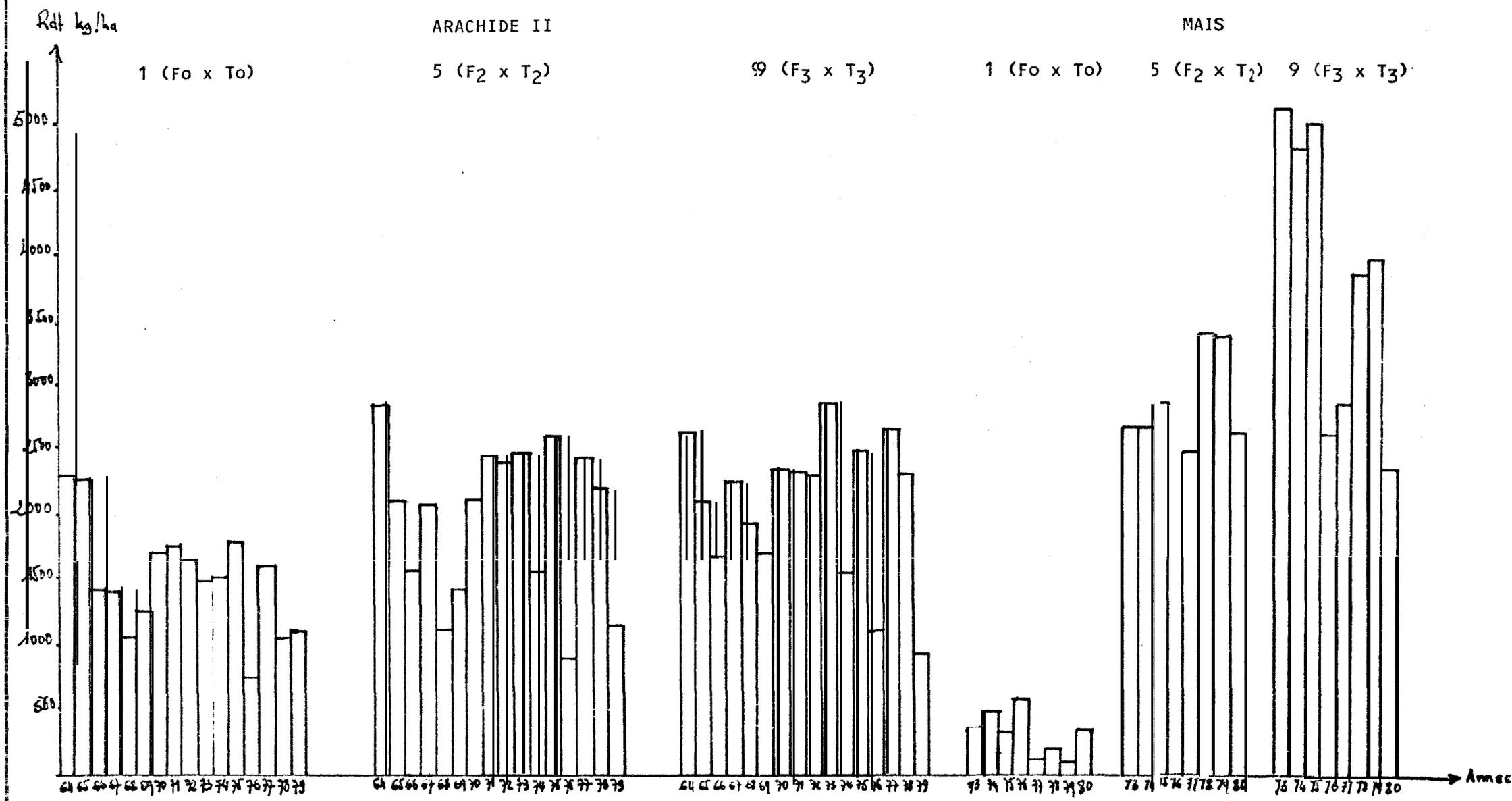
A N N E X E S

---

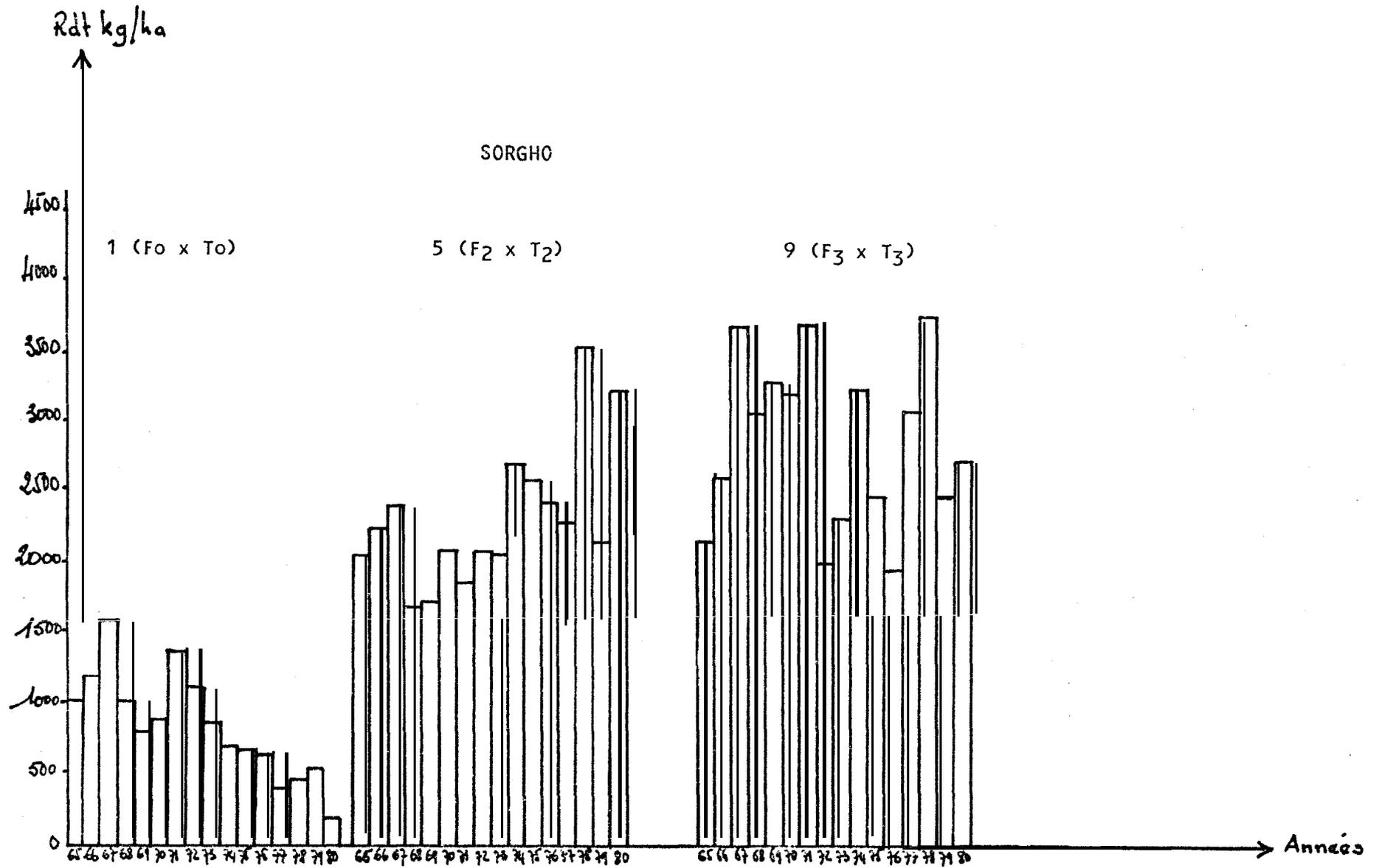
Rdt kg/ha



Annexe 1 a : Diagrammes représentant l'évolution des rendements du cotonnier et de l'arachide I



Annexe 1 b : Evolution des rendements de maïs et de l'arachide II



Annexe 1 c : Evolution des rendements du sorgho

PARCELLE I (témoin Fo x To) SURFACE (5 - 15 cm) et (25 - 35 cm)

Annexe 2a : Tableau récapitulatif des résultats des mesures physiques

5 - 15 cm	Pt1	Pt2	Pt3	Pt4	Pt5	Pt6	Pt7	Pt8	Pt9	Moyenne	C. V. 9
A %	7,26	7,48	3,63	7,02	5,21	4,9	5,00				
L F %	3,22	3,31	3,32	3,43	2,9	3,23	3,00	3,8	4,72	5,97	27,32
S T F %	9,84	8,1	7,16	7,41	10	8,41	6,7	5,45	6,40	7,72	19,8
S F %	54,85	54,9	58,46	57,2	56,1	57,8	58,24	55,7	59,31	56,95	2,86
S G %	24,83	26,21	27,38	24,94	25,85	25,67	27,10	26,50	26,16	26,1	3,32
da. champ	1,530	1,540	1,540	1,530	1,540	1,550	1,520	1,540	1,540	1,536	0,56
da. M	1,563	1,528	1,542	1,523	1,538	1,530	1,625*	1,738*	1,737*	1,59	5,2
da. T	1,758	1,750	1,762	1,741	1,763	1,742	1,763	1,81	1,763	1,76	1,08
Porosité globale %	42,3	41,9	41,9	42,3	41,9	41,5	42,6	41,9	41,9	42	0,72
Porosité nottière %	41	42,3	41,8	42,5	42	42,3	38,7*	34,4*	34,4*	40	7,9
Porosité texturale %	33,7	34	33,5	34,3	33,5	34,3	33,5	31,8	33,5	33,56	2,08
F M	1820	1700	1675	1650	1675	1775	1637	1762	1562	1695	4,41
F T	2342	2642	1833	1800	1883	1917	2992	3083	1846	2260	21,8
<hr/>											
25 - 35 cm											
A %	10,04	9,63	10,76	10,23	11,08	10,25	8,81	15,00	9,66	10,61	15,8
L F %	3,09	2,28	2,82	2,51	2,80	2,50	2,55	3,11	2,74	2,71	9,7
S T F %	5,71	4,68	8,24	7,35	6,27	8,85	7,16	7,0a	6,43	6,86	17,4
S F %	54,82	55,98	53,12	54,43	53,60	53,44	54,96	50,81	53,96	53,90	2,55
S G %	26,34	27,43	25,06	25,48	26,25	24,96	26,52	24,00	27,21	25,92	4,09
da. champ	1,480	1,460	1,480	1,490	1,490	1,480	1,480	1,450	1,480	1,48	0,84
da. M	1,502	1,475	1,482	1,490	1,965*	1,495	1,758*	2,150*	1,978*	1,699	14,9
da. T	1,855	1,824	1,796	1,799	1,808	1,794	1,796	1,861	1,799	1,81	1,36
P. G. %	44,1	44,9	44,1	43,8	43, a	44,1	44,1	45,3	44,1	44,2	1,0a
P. M. %	43,3	44,3	44,0	43, a	25,8*	43,6	33,7*	18,9*	25,3*	35,9	26,63
P. T. %	30	31,2	32,2	32,1	31, a	32,3	32,3	29,8	32,1	31,5	2,95
F M	2525	1850	1837	1887	2125	1862	1837		1762	1961	72
F T	7500	7083	4167	4458	5125	4417	4875	6583	3500	5301	25,06

PARCELLE 5

Annexe 2b : Tableau récapitulatif des résultats des mesures physiques

	Pt1	Pt2	Pt3	Pt4	Pt5	Pt6	Pt7	Pt8	Pt9	Moyenne	C. V. %
5 - 15 cm											
A %	5,71	4,39	4,83	5,01	5,89	4,28	4,76	5,82	5,54	5,14	12,06
L F %	2,64	2,54	2,69	2,56	2,95	2,66	3,113	2,80	3,31	2,83	10,72
S T F %	9,59	9,86	9,53	8,66	9,84	8,33	8,72	8,11	9,88	9,17	7,73
S F %	55,98	55,75	56,95	57,51	55,52	58,64	55,18	57,69	56,00	56,58	2,06
S G %	26,08	27,46	26,00	26,26	25,80	26,09	28,01	25,58	25,27	26,28	3,37
da. C	1,550	1,570	1,590	1,590	1,580	1,570	1,520	1,590	1,570	1,57	1,50
da. M	1,587	1,588	1,655	1,605	1,603	1,572	1,563	1,572	1,573	1,59	1,76
da. T	1,720	1,692	1,693	1,687	1,717	1,691	1,705	1,727	1,739	1,71	1,08
P. G.	41,5	40,8	40	40	40,4	40,8	42,6	40	40,8	40,77	2,08
P. M.	40,1	40,1	37,5	39,4	39,5	40,7	41	40,7	40,6	40	2,68
P. T.	35,1	36,1	36,1	36,3	35,2	36,2	35,7	34,8	34,4	35,5	1,94
F M	7245	767	1250	900	900	1462	1650	1037	1037	1139	25,27
FT	2000	1817	1775	1717	1833	1725	1817	2000	1817	1833	5,62
25 - 35 cm											
A %	10,80	11,44	13,00	11,36	10,88	8,96	13,95	10,60	9,84	11,20	13,52
L F %	1,80	2,10	2,14	2,24	2,01	2,09	1,913	2,02	2,51	2,09	9,76
S T F %	8,23	7,35	7,65	9,75	8,51	8,40	9,74	9,20	11,40	8,91	14,06
S F %	53,04	52,64	52,11	50,57	52,70	54,21	48,71	52,19	51,88	52	3,02
SGX	26,13	26,47	25,10	26,08	25,90	26,34	25,713	26	24,37	25,79	2,57
da. C	1,520	1,560	1,490	1,530	1,540	1,520	1,540	1,540	1,540	1,53	1,28
da. M	1,482	1,473	1,478	1,477	1,482	1,507	1,540	1,488	1,568	1,50	2,21
da. T	1,834	1,858	1,792	1,788	1,789	1,802	1,835	1,804	1,788	1,81	1,43
P G	42,6	41,1	43,8	42,3	41,9	42,6	41,9	41,9	41,9	42,22	1,76
P M	44,1	44,4	44,2	44,3	44,1	43,1	41,9	43,8	40,8	43,41	2,90
P T	30,8	29,9	32,4	32,5	32,5	32,0	30,8	31,9	32,5	31,6	3,03
F M	1950	1700	1662	2000	1762	2025	2025	1862	1875	1873	7,43
F T	6583	7708	4333	4083	4833	4208	4167	5000	2625	4838	30,9

Annexe 2c : PARCELLE 9 (F3 x T3) Tableau récapitulatif résultats des mesures physiques

	Pt1	Pt2	Pt3	Pt4	Pt5	Pt6	Pt7	Pt8	Pt9	Moyenne	C. V. %
5 - 15 cm											
A %	3,84	3,74	5,07	4,74	4,04	6,30	5,03	5,69	5,26	4,86	17,79
L F %	2,77	3,48	1,69	3,38	3,49	3,00	3,40	3,52	3,59	3,15	19,32
S T F %	10,63	10,11	10,50	9,27	9,51	10,22	10,29	10,22	9,97	10,08	4,37
S F %	58,03	56,38	55,75	55,67	55,41	53,04	54,66	54,43	52,25	55,07	3,15
S G %	24,73	26,29	26,99	26,94	27,55	27,44	26,62	26,14	28,93	26,85	4,28
da C	1,480	1,480	1,490	1,540	1,480	1,543	1,490	1,520	1,530	1,50	1,76
de M	1,663	1,583	1,585	1,573	1,535	1,542	1,575	1,578	1,577	1,58	2,29
da T	1,665	1,718	1,689	1,707	1,711	1,725	1,725	1,742	1,742	1,71	1,44
P C	44,1	44,1	43,8	41,9	44,1	41,9	43,8	42,6	42,3	43,18	2,27
P M	37,2	40,3	40,2	40,6	42,1	41,8	40,6	40,4	40,5	40,41	3,41
P T	37,2	35,2	36,3	35,6	35,4	34,9	34,9	34,3	34,3	35,3	2,65
F M	1525	1187	1037	1150	900	1650	925	1312	1082	1196	21,50
F T	1950	1825	1825	1892	1850	1917	2104	2025	1792	1909	5,39
25 - 35 cm											
A %	9,46	9,71	9,37	10,79	10,54	9,77	10,64	9,19	9,90	9,93	5,93
L F %	3,71	3,03	3,00	3,33	3,28	2,79	2,82	2,93	3,03	3,10	9,40
S T F %	9,89	9,47	9,00	9,08	9,06	8,97	9,10	8,46	9,40	9,16	4,33
S F %	54,25	51,20	50,69	51,97	51,89	52,12	51,64	52,04	51,79	51,95	1,88
S G %	22,69	26,59	27,94	24,83	25,23	26,35	25,80	27,38	25,88	25,85	5,95
da C	1,480	1,500	1,500	1,470	1,500	1,500	1,510	1,500	1,490	1,49	0,8
da M	1,550	1,507	1,565	1,515	1,553	1,623*	1,560	1,537	1,643*	1,56	2,87
da T	1,858	1,859	1,792	1,814	1,825	1,816	1,800	1,756	1,789	1,81	1,82
P G	44,1	43,4	43,4	44,5	43,4	43,4	43,0	43,4	43,8	43,6	1,04
P M	41,5	43,1	40,9	42,8	41,4	38,8*	41,1	42,0	38,0*	41,06	4,11
P T	29,9	29,8	32,4	31,5	31,1	31,5	32,1	33,7	32,5	31,6	3,95
F M	1900	1812	1625	1800	1825	1825	1725	1800	1750	1785	4,34
F T	6167	6500	4250	4250	5500	4500	4167	3542	3042	4658	24,98

## Annexe 3 a : pH eau

## PARCELLE 1

Z cm \ Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0 - 15	5,90	5,95	6,10	5,85	5,50	5,75	5,85	5,95	6,10	52,95	5,88	2,94
15 - 30	6,15	5,65	5,75	5,70	5,50	5,70	6,10	5,90	5,70	52,15	5,79	3,49
30 - 60	5,80	5,80	5,75	5,40	5,70	5,75	6,50	6,00	5,85	52,55	5,84	4,75
60 - 90	5,75	5,85	5,80	5,55	5,70	6,10	5,85	6,10	5,95	52,65	5,85	2,91

## PARCELLE 5

Z cm \ Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0-15	5,25	5,25	5,45	5,50	5,40	5,50	5,90	5,65	5,35	49,25	5,47	3,53
15 - 30	5,55	5,35	5,20	5,65	5,60	5,40	5,35	5,70	5,55	49,35	5,48	2,85
30 - 60	5,70	5,80	5,75	5,70	5,90	6,15	5,70	6,10	5,90	52,70	5,85	2,77
60 - 90	6,10	5,90	6,05	5,45	6,20	5,75	5,75	6,30	6,30	53,80	5,98	4,55

## PARCELLE 9

Z cm \ Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0-15	5,65	5,75	5,55	5,35	5,35	5,85	5,85	5,35	5,40	50,10	5,57	3,64
15 - 30	5,30	5,413	5,45	5,55	5,25	5,60	5,70	5,45	5,65	49,35	5,48	2,65
30 - 60	5,55	5,60	6,10	5,30	5,65	5,75	6,10	5,75	5,85	51,65	5,74	4,22
60 - 90	6,05	5,80	6,30	5,65	5,85	5,80	6,55	6,10	6,05	54,15	6,02	4,40

Annexe 3 b : PH KCL

PARCELLE 1

Z cm \ Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0 - 15	5,20	5,40	5,30	4,95	4,95	5,00	5,10	5,05	5,25	46,2	5,13	3,15
15 - 30	5,25	4,90	5,00	4,80	4,75	4,ao	5,30	5,00	4,ao	44,6	4,95	4,0a
30 - 60	4,85	5,00	5,05	4,55	4,75	4,85	5,45	5,0s	4,95	44,5	4,94	5,02
60 - 90	4,95	4,90	4,ao	4,85	4,80	5,05	4,95	5,15	5,00	44,45	4,94	2,36

PARCELLE 5

Z cm \ Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0 - 15	4,30	4,30	4,40	4,50	4,40	4,55	4,55	4,45	4,20	39,65	4,40	2,75
15 - 30	4,50	4,25	4,10	4,50	4,55	4,50	4,40	4,60	4,55	39,95	4,44	3,68
30 - 60	4,85	4,80	4,75	4,65	4,90	4,90	4,75	5,00	4,95	43,55	4,84	2,30
60 - 90	5,05	4,95	5,05	4,so	5,35	4,85	4,80	4,45	4,45	43,45	4,83	6,47

PARCELLE 9

Z cm \ Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0 - 15	4,50	4,50	4,35	4,25	4,35	4,95	4,ao	4,35	4,30	40,35	4,48	5,35
15 - 30	4,15	4,10	4,35	4,25	4,20	4,45	4,70	4,30	4,20	38,70	4,30	4,27
30 - 60	4,70	4,75	5,30	4,50	4,75	4,85	5,20	4,80	4,80	43,65	4,85	5,13
60 - 90	5,30	5,10	5,40	4,85	5,10	5,05	5,65	5,20	5,15	46,80	5,20	4,40

## Annexe 4 : Matière organique

## PARCELLE 1

Z cm \ Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV%
0 - 15	0,55	0,55	0,58	0,55	0,53	0,57	0,58	0,55	0,53	4,99	0,55	3,19
15 - 30	0,43	0,41	0,41	0,48	0,38	0,39	0,36	0,43	0,39	3,68	0,41	8,11
30 - 60	0,34	0,29	0,29	0,27	0,29	0,29	0,29	0,31	0,31	2,68	0,30	6,29
60 - 90	0,27	0,27	0,31	0,29	0,31	0,29	0,31	0,29	0,29	2,63	0,29	5,04

## PARCELLE 5

Z cm \ Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0 - 15	0,53	0,50	0,48	0,52	0,60	0,48	0,39	0,46	0,69	4,65	0,52	15,72
15 - 30	0,46	0,46	0,46	0,43	0,46	0,39	0,43	0,41	0,45	3,95	0,44	5,52
30 - 60	0,31	0,33	0,34	0,36	0,29	0,31	0,34	0,29	0,33	2,90	0,32	6,98
60 - 90	0,31	0,33	0,31	0,31	0,33	0,29	0,33	0,31	0,29	2,81	0,31	4,72

## PARCELLE 9

Z cm \ Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0 - 15	0,50	0,46	0,43	0,43	0,43	0,62	0,45	0,45	0,38	4,15	0,46	13,81
15 - 30	0,34	0,39	0,38	0,39	0,41	0,46	0,46	0,39	0,36	3,58	0,40	9,61
30 - 60	0,29	0,31	0,31	0,29	0,31	0,34	0,35	0,29	0,29	2,78	0,31	6,90
60 - 90	0,26	0,31	0,31	0,29	0,27	0,27	0,29	0,29	0,26	2,55	0,28	6,44

Annexe 5 : Carbone total

PARCELLE 1

Z cm \ Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0-15	0,32	0,32	0,34	0,32	0,31	0,33	0,34	0,32	0,31	2,91	0,323	3,46
15-30	0,25	0,24	0,24	0,28	0,22	0,23	0,21	0,25	0,23	2,15	0,239	8,48
30 - 60	0,20	0,17	0,17	0,16	0,17	0,17	0,17	0,18	0,18	1,57	0,174	6,50
60 - 90	0,16	0,16	0,18	0,17	0,18	0,17	0,18	0,17	0,17	1,54	0,171	4,57

PARCELLE 5

Z cm \ Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0-15	0,31	0,29	0,28	0,30	0,35	0,28	0,23	0,27	0,40	2,71	0,301	16,31
15-30	0,27	0,27	0,27	0,25	0,27	0,23	0,25	0,24	0,26	2,31	0,257	5,84
30 - 60	0,18	0,19	0,20	0,21	0,17	0,18	0,20	0,17	0,19	1,69	0,188	7,42
60 - 90	0,18	0,19	0,18	0,18	0,19	0,17	0,19	0,18	0,17	1,63	0,181	4,32

PARCELLE 9

Z cm \ Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0-15	0,29	0,27	0,25	0,25	0,25	0,36	0,26	0,26	0,22	2,41	0,268	14,66
15-30	0,20	0,23	0,22	0,23	0,24	0,27	0,27	0,23	0,21	2,10	0,233	10,29
30 - 60	0,17	0,18	0,18	0,17	0,18	0,20	0,20	0,17	0,17	1,62	0,180	6,80
60 - 90	0,15	0,18	0,18	0,17	0,16	0,16	0,17	0,17	0,15	1,49	0,166	6,81

Annexe 6 : Phosphore total ppm

PARCELLE 1

Z cm \ Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0 - 15	71	71	80	72	81	71	72	85	70	673	74,77	7,5
15 - 30	88	82	79	80	82	85	79	92	80	747	83,0	5,4
30 - 60	101	80	85	77	90	80	78	88	89	768	85,3	8,9
60 - 90	100	99	100	81	22	88	102	90	105	787	87,4	29,4

PARCELLE 5

Z cm \ Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0 - 15	112	89	98	100	104	112	84	87	112	898	99,8	11,1
15 - 30	94	106	98	91	84	90	91	91	92	837	93,0	6,6
30 - 60	96	90	93	86	82	91	88	87	90	803	89,2	4,6
60 - 90	103	105	109	105	102	99	105	99	100	927	103,0	3,2

PARCELLE 9

Z cm \ Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0-15	163	151	135	112	124	141	120	151	132	1229	136,6	12,1
15-30	102	120	96	106	104	125	112	128	121	1014	112,7	10,0
30 - 60	87	83	97	86	96	107	92	90	87	830	92,2	7,4
60 - 90	91	89	99	98	96	97	99	101	93	863	95,9	4,2

Annexe 7 : Phosphore assimilable ppm

PARCELLE 1

Z cm \ Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0-15	15	12	10	8	8	10	9	10	9	91	10,1	21,8
15-30	7	7	8	20	9	9	8	6	7	87	9,0	47,1
30-60	7	8	8	6	8	12	8	13	10	80	8,9	26,0
60-90	6	7	11	8	8	10	7	9	9	75	8,3	19,0

PARCELLE 5

Z cm \ Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0-15	26	24	24	26	31	26	19	24	29	229	25,4	13,4
15-30	12	12	17	12	11	16	11	13	17	121	13,4	18,7
30-60 A	11	12	9	13	12	9	7	10	9	92	10,2	18,8
60-W	13	8	8	6	5	6	7	8	6	67	7,4	31,6

PARCELLE 9

Z cm \ Pt	1	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %	
0-15	45	44	33	28	33	30	27	42	34	316	35,1	19,6
15-30	16	30	24	24	25	31	23	31	27	231	25,7	18,7
30-60	8	11	11	17	9	9	10	9	8	92	10,2	27,2
60-90	8	7	6	6	11	8	7	7	6	66	7,3	21,6

Annexe 8 : Ca échangeable méq/100 g

PARCELLE 1

Pt z cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0 - 15	1,60	1,83	2,14	1,53	1,81	1,73	2,01	2,05	1,65	16,35	1,82	11,02
15 - 30	2,08	1,76	1,92	1,56	1,68	1,66	2,09	2,08	1,57	16,40	1,82	11,52
30 - 60	2,33	1,48	1,79	1,50	1,91	1,80	1,71	2,15	2,21	16,88	1,88	15,21
60 - 90	0,83	2,12	2,52	1,92	2,01	1,98	1,93	2,25	1,96	17,52	1,95	22,35

PARCELLE 5

Pt z cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0 - 15	1,07	0,77	1,08	1,00	1,10	0,84	0,84	1,02	1,22	8,94	0,99	13,99
15 - 30	1,41	1,25	1,07	1,44	1,35	1,29	1,22	1,48	1,64	12,15	1,35	11,62
30 - 60	1,86	1,82	1,94	1,43	1,74	1,82	1,83	1,84	1,89	16,17	1,80	7,76
60 - 90	2,07	2,34	2,21	1,75	2,38	1,94	2,09	2,26	2,42	19,46	2,16	9,63

PARCELLE 9

Pt z cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	cv %
0 - 15	1,20	0,99	0,83	0,95	0,95	1,77	1,12	0,88	0,84	9,53	1,06	26,15
15 - 30	0,86	0,86	1,17	0,89	0,88	1,37	1,59	0,82	0,76	9,20	1,02	26,59
30 - 60	1,37	1,52	1,68	1,19	1,51	1,62	1,93	1,41	1,68	13,91	1,55	13,07
60 - 90	1,80	1,72	2,17	1,71	1,84	1,71	2,27	2,11	1,83	17,16	1,91	10,73

Annexe 9 : Mg échangeable méq/100 grammes

PARCELLE 1

z cm \ Pt										Total $\bar{m}$	$\bar{m}$	CV %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
0-15	0,29	0,28	0,32	0,20	0,29	0,26	0,29	0,30	0,26	2,49	0,28	11,54
15-30	0,24	0,31	0,24	0,11	0,21	0,24	0,14	0,24	0,24	1,97	0,22	25,79
30-60	0,56	0,28	0,36	0,27	0,31	0,25	0,44	0,25	0,27	2,99	0,33	29,89
60-90	0,31	0,70	0,49	0,60	0,65	0,58	0,71	0,44	0,53	5,01	0,56	21,98

PARCELLE 5

z cm \ Pt										Total	$\bar{m}$	CV %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
0-15	0,09	0,10	0,14	0,12	0,12	0,11	0,14	0,11	0,10	1,03	0,11	14,33
15-30	0,14	0,17	0,13	0,20	0,17	0,15	0,23	0,18	0,14	1,51	0,17	18,16
30-60	0,35	0,22	0,27	0,21	0,24	0,37	0,35	0,20	0,30	2,51	0,28	22,32
60-90	0,93	0,57	0,81	0,64	0,78	0,85	0,81	0,72	0,41	6,52	0,72	20,86

PARCELLE 9

z cm \ Pt										Total	$\bar{m}$	CV %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
0-15	0,15	0,16	0,09	0,10	0,14	0,25	0,13	0,12	0,09	1,23	0,14	34,15
15-30	0,16	0,14	0,13	0,09	0,12	0,19	0,19	0,09	0,10	1,21	0,13	27,41
30-60	0,41	0,32	0,38	0,25	0,41	0,43	0,33	0,31	0,35	3,19	0,35	15,52
60-90	0,57	0,54	0,43	0,64	0,64	0,63	0,66	0,47	0,49	5,07	0,56	14,25

## Annexe 10 : K échangeable méq/g

## PARCELLE 1

Z cm \ Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0-15	0,07	0,05	0,05	0,04	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05	0,50	0,06	20,98
15-30	0,05	0,05	0,05	0,03	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,40	0,04	15,41
30-60	0,04	0,04	0,03	0,03	0,05	0,03	0,04	0,03	0,03	0,32	0,035	19,26
60-90	0,02	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,03	0,35	0,039	22,50

## PARCELLE 5

Z cm \ Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0-15	0,10	0,04	0,05	0,15	0,05	0,04	0,04	0,05	0,10	0,62	0,068	53,20
15-30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,10	0,11	0,10	0,06	0,06	0,73	0,08	29,32
30-60	0,05	0,03	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,06	0,42	0,047	17,50
60-90	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,45	0,05	13,33

## PARCELLE 9

Z cm \ Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0-15	0,07	0,08	0,06	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,05	0,56	0,06	19,72
15-30	0,18	0,12	0,09	0,07	0,10	0,10	0,11	0,18	0,09	1,04	0,12	31,89
30-60	0,11	0,07	0,04	0,08	0,12	0,10	0,11	0,10	0,10	0,83	0,09	25,44
60-90	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,41	0,046	10,91

Annexe 11 : C E C acétate d'ammonium pH = 7, D

PARCELLE 1

Z cm \ Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0-15	1,90	2,15	1,77	1,37	2,20	1,88	1,95	2,01	1,95	17,18	1,91	11,93
15-30	2,21	1,93	2,02	2,13	2,00	2,09	1,68	1,80	1,95	17,83	1,98	7,83
30 - 60	3,07	1,89	2,20	2,01	2,27	2,05	2,06	2,37	2,23	20,15	2,24	14,53
60 - 90	3,46	3,10	3,24	3,27	3,51	2,83	3,54	2,87	3,01	28,83	3,20	7,91

PARCELLE 5

Z cm \ Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0-15	1,86	1,62	1,53	1,56	1,89	1,41	1,43	1,61	1,89	14,8	1,64	10,92
15 - 30	1,85	2,13	1,94	1,94	1,75	1,85	1,90	1,85	1,85	17,16	1,91	5,19
30 - 60	2,05	1,89	2,18	1,89	1,95	2,09	2,00	1,77	1,92	17,74	1,97	5,89
60 - 90	3,18	2,96	3,30	3,10	3,26	3,25	3,10	3,02	2,98	28,15	3,13	3,81

PARCELLE 9

Z cm \ Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0-15	1,53	1,43	1,51	1,43	1,54	1,96	1,54	1,61	1,37	13,92	1,55	10,45
15 - 30	1,89	1,55	1,60	1,60	1,71	1,97	2,00	1,59	1,55	15,46	1,72	10,15
30 - 60	2,11	2,04	1,96	1,88	2,31	2,25	2,04	1,77	2,13	18,43	2,05	7,83
60 - 90	2,50	2,30	2,54	2,50	2,43	2,59	2,72	2,75	2,35	22,68	2,52	5,68

## Annexe. 12 : Somme des bases S méq/100 g

## PARCELLE 1

z cm \ Pt	Pt									Total	$\bar{m}$	cv %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
0-15	1,97	2,17	2,52	1,78	2,19	2,06	2,36	2,41	1,97	19,43	2,16	10,47
15-30	2,38	2,13	2,22	1,71	1,95	1,95	2,29	2,37	1,86	18,86	2,10	10,75
30 - 60	2,94	1,81	2,19	1,81	2,28	2,09	2,20	2,44	2,52	20,26	2,25	14,76
60 - 90	1,17	2,87	3,06	2,57	2,72	2,61	2,70	2,74	2,53	22,97	2,55	20,05

## PARCELLE 5

z cm \ Pt	Pt									Total	$\bar{m}$	CV %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
0-15	1,27	0,92	1,28	1,28	1,28	1,00	1,03	1,19	1,44	10,69	1,19	13,39
15-30	1,66	1,48	1,26	1,75	1,63	1,56	1,56	1,73	1,85	14,48	1,61	10,13
30 - 60	2,27	2,08	2,30	1,70	2,03	2,25	2,24	2,09	2,26	19,22	2,14	8,41
60 - 90	3,06	2,96	3,08	2,44	3,22	2,85	3,00	3,08	2,92	26,61	2,96	7,05

## PARCELLE 9

z cm \ Pt	Pt									Total	$\bar{m}$	CV %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
0-15	1,45	1,24	0,99	1,14	1,16	2,07	1,32	1,07	0,99	11,43	1,27	24,92
15 - 30	1,21	1,13	1,41	1,06	1,11	1,67	1,90	1,10	0,96	11,55	1,28	23,12
30 - 60	1,90	1,92	2,11	1,53	2,05	2,16	2,38	1,83	2,14	18,02	2,00	11,42
60 - 90	2,42	2,31	2,65	2,41	2,54	2,40	2,99	2,75	2,35	22,82	2,54	8,29

Annexe 13 : N total en ppm

PARCELLE 1

Z cm \ Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0 - 15	0,36	0,34	0,33	0,35	0,35	0,28	0,27	0,29	0,26	2,83	0,314	12,45
15 - 30	0,22	0,22	0,22	0,25	0,24	0,26	0,37	0,29	0,27	2,34	0,260	18,44
30 - 60	0,31	0,30	0,34	0,35	0,29	0,30	0,30	0,30	0,28	2,77	0,308	7,40
60 - 90	0,34	0,26	0,29	0,31	0,41	0,38	0,33	0,40	0,28	3,00	0,333	16,17

PARCELLE 5

Z cm \ Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0 - 15	0,38	0,35	0,35	0,33	0,30	0,26	0,29	0,29	0,35	2,90	0,322	12,10
15 - 30	0,31	0,32	0,30	0,24	0,27	0,39	0,31	0,26	0,28	2,68	0,298	14,60
30 - 60	0,38	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24	0,25	0,18	0,24	2,27	0,252	20,88
60 - 90	0,22	0,31	0,29	0,27	0,35	0,29	0,26	0,26	0,24	2,49	0,277	13,98

PARCELLE 9

Z cm \ Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	$\bar{m}$	CV %
0 - 15	0,29	0,26	0,24	0,24	0,22	0,30	0,21	0,21	0,19	2,16	0,240	15,59
15 - 30	0,21	0,16	0,19	0,20	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17	1,63	0,181	93
30 - 60	0,17	0,16	0,16	0,17	0,16	0,17	0,18	0,17	0,17	1,51	0,168	3,97
60 - 90	0,17	0,17	0,16	0,16	0,18	0,18	0,17	0,17	0,16	1,52	0,169	4,62

Annexe 14 a : Extrait KCl résultats exprimés en ppm sans incubation

Traitements		N - NH <sub>4</sub>	N - NO <sub>3</sub>	N total
1	1	1,4	1,8	13,02
	2	1,1	1,7	7
	3	1,4	1,7	7
	4	1,1	1,4	7, a
	5	1,3	1,4	7
	6	1,4	1,5	5,6
	7	1,1	1,4	5,04
	8	1,7	1,8	5,3
	9	1,5	1,9	6,16
5	1	1,8	1,7	a, 4
	2	1,7	1,4	5,32
	3	3,6	1,7	9,0
	4	3,9	1,4	9,0
	5	2,2	1,7	7,3
	6	2,0	1,1	7,6
	7	2,0	1,5	6,2
	8	2,5	1,7	6,7
	9	2,5	2,2	7,3
9	1	2,2	1,4	8,1
	2	2,0	1,7	7
	3	1,7	1,7	7,3
	4	1,7	2,0	7,8
	5	2,2	1,7	7,3
	6	2, a	2,2	8,4
	7	2	1,7	6,7
	8	2,5	2,5	8,1
	9	1,4	1,1	7,8

Annexe 14 b : Résultats des 9 répétitions de L'expérimentation incubation 15 jours à 20 ppm de N exprimés en ppm

Traitements		x		Y	t	
		N -- NH <sub>4</sub>		N - NO <sub>3</sub>	N total	
1	1	3,8		26,6	32,5	m = 32,26
	2	6		22,8	30,9	
	3	2,7		26,3	31,1	
	4	9,2		19,6	31,6	
	5	15,9		15,8	35,12	
	6	12		15,1	30,2	
	7	1,1		28,3	32,7	
	8	6,2		24,6	35,1	
	9	4,5		23,8	31,1	
5	1	5		25,8	34,1	36,58
	2	11,4		22,7	36,9	
	3	9,8		22,1	34,9	
	4	3,4		28,3	35,6	
	5	2,8		33,7	39,6	
	6	4,8		25,2	35	
	7	1,7		33,04	37,54	
	8	3,4		26,6	34,7	
	9	4,5		33,3	40,9	
9	1	2,5		33	39,7	39,42
	2	4,8		32,2	40,1	
	3	6,2		27,4	36,6	
	4	9,2		22,1	41,7	
	5	8,7		24,9	36,3	
	6	0,8		39,5	43,1	
	7	1,4		35	39,5	
	8	6,4		30,2	39,7	
	9	4,5		25,5	38,08	

Annexe 15 : Aluminium échangeable en méq/100 g dans les deux premiers horizons des traitements 5 et 9

Z cm	Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Moyenne
0 - 15		Témo in - pas d'al umi ni um échangeable									
15 - 30											
Traitement 5											
0 - 15		0,06	0,05	0,04	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,06	0,036
15 - 30		0,03	0,13	0,16	0,02	0,02	0,02	0,06	0,02	0,01	0,052
Traitement 9											
0 - 15		0,02	0,02	0,05	0,04	0,03	0	0,04	0	0,04	0,03
15 - 30		0,10	0,09	0,102	0,07	0,02	0	0,05	0,02	0,09	0,07

Annexe 16 a : Bilans minéraux apparents (Sole III) 1963-1979 Traitement 1 (témoin)

		Exportations par les plantes en kg/ha					Apports d'éléments (eau de pluie et fixation symbiotique d'N) kg/ha					Bilan apparent par année en kg/ha				
		Y	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	S	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	S	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	S
1963	Sorgho	26,1	12,18	12,18	9,13	6,7	-	-	-	18,49	-	-26,1	-12,2	-12,2	+9,36	-6,7
1964	Arachide II	63,75	11,25	30	24,40	12,20	38,25	-	-	20,82	-	-25,5	-11,25	-3,0	-3,58	-12,2
1965	Jachère	13	3,7	29,9	34	17	-	-	10,28	-	-13	-3,7	-30	-23,7	-17	-
1966	Arachide I	108,37	19,12	51	-	-	65	-	-	21,76	-	-43,37	-19,1	-51	+21,76	-
1967	Sorgho	53,69	11,9	28,9	18,95	7,9	-	-	25	-	-53,7	-12	-29	+6,05	-7,9	
1968	Arachide II	70,3	12,4	33	22	11	42,2	-	-	11,75	-	-28,1	-12,4	-33	-10,25	-11
1969	Jachère	8	3,3	33,9	-	-	-	-	23,8	-	-8	-3,3	-34	+23,8	-	
1970	Coton	56	22,43	22,43	33,4	-	-	-	14,17	-	-56	-22,43	-22,43	+14,17	-	
1971	Sorgho	46,3	9,5	23,1	16,33	6,8	-	-	17,6	-	-46,3	-9,5	-23,1	+1,27	-6,8	
1972	Arachide II	87,8	15,49	41,3	27,5	13,773	52,7	-	-	11,75	-	-35,1	-15,5	-41,3	-16,75	-13,8
1973	Maïs	9,5	3,73	10,44	1,87	0,75	-	-	13,73	-	-9,5	-3,73	-10,44	+12	-0,75	
1974	coton	20,6	8,2	8,2	12,32	-	-	-	14,96	-	-20,6	-8,2	-8,2	+14,96	-	
1975	Sorgho	23,2	4,8	11,6	3,01	1,26	-	-	24,18	-	-23,2	-4,8	-11,6	+21,17	-1,26	
1976	arachide II	90	15,9	43,4	28,26	14,13	54	-	-	18,1	-	-3,6	-16	-43,4	-10,25	-14,13
1977	Maïs	3,4	1,3	3,8	0,70	0,27	-	-	12,251	-	-3,4	-1,3	-3,8	+12	-0,27	
1978	Coton	47,6	19	19	28,41	-	-	-	18,03	-	-47,6	-19	-19	+18,03	-	
1979	Sorgho	18,6	3,8	9,3	12,73	5,31	-	-	18,32	-	-18,6	-3,8	-9,3	+5,57	-5,31	
<b>Bilan global apparent</b>												-494	-178,21	-411,8	+95,63	-97,12

Annexe 16 b : Bilan minéral apparent Traitement 5 sole III = 1963-1979

		Exportations par les plantes en kg/ha					Apports d'éléments (engrais, eau de pluie, fixation symbiotique, résidus) en kg/ha					Bilan apparent par année en kg/ha				
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	S	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	S	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	S
1963	Sorgho	36,6	18,7	68,9	14,6	10,7	26,4	29,5	194,6	50,5	9,9	-10,2	+10,8	+125,7	+35,9	-0,8
1964	Arachi de II	165,5	36,1	88,9	44,4	22,2	108,3	30	15	35,8	12,5	-57,2	-6,1	-73,9	-8,6	-9,7
1965	Jachère	10	6,8	33,1	26,3	10,2	16,5	5,2	62	20,6	6,2	+6,5	-1,6	+28,9	+5,7	+4
1966	Arachi de I	126,7	27,6	68	34	17	91	30	15	36,8	18,5	-35,7	+2,4	-53	+2,8	+1,5
1967	Sorgho	93,7	18,7	117,2	28,1	11,7	33	31,5	214,4	56,5	10	-60,7	+12,8	+97,2	+28,4	+1,7
1968	Arachi de II	121,6	26,5	65,3	32,6	16,3	82	30	15	26,75	12,5	-39,6	+3,5	-50,3	+5,9	+3,5
1969	Jachère	5	2,2	19,3	12,6	5,3	10,3	3,2	38,6	30,2	3,9	+5,3	+1	+19,3	+17,5	+1,4
1970	coton	76,5	30,7	30,7	45,6	20,3	42,6	31,8	43,9	35,5	18,25	-33,9	+1	+13,2	-10,1	+2
1971	sorgho	75,5	15,1	94,1	22,6	9,4	27,04	31,6	214,9	52,8	10	-48,46	+16,5	+120,8	+30,2	+0,6
1972	Arachi de II	142,5	31,1	76,5	38,3	19,1	100,9	30	15	26,75	12,5	-41,6	+1	-71,5	-11,6	+6,6
1973	Mais	67,8	32,6	81,4	13,6	5,4	58	31,3	91,5	29,9	18,5	+9,7	+1,3	+10,1	+16,3	+13
1974	coton	57	22,8	22,8	34	15,3	73,5	31	50,9	20,2	18,25	+16,5	+8,2	+28,1	-13,3	+3
1975	Sorgho	38	7,6	47,5	11,4	4,75	24,5	22,8	128,3	45,8	9,6	-13,5	+15,2	+80,8	+34,4	+5
1976	Arachi de II	151,1	33	81,1	40,6	20,3	105,2	27	40,5	18,1	18,25	-45,9	-6	-40,6	-22,50	-2
1977	Mais	58	27,8	69,6	11,2	4,6	58	31,9	95,2	29,2	18,9	+4,1	+25,6	+18	+14,3	
1978	coton	60,4	24,2	24,2	44,7	15,4	75,8	32,2	54,3	24,8	18,25	+15,4	+8	+30,1	-19,9	+3
1979	Sorgho	85	17	106,3	25,5	10,6	22,9	17,1	73,4	31,4	10	-62,1	+32,9	+5,9	+0,6	
Bilan apparent global												-414,86	+59,30	+257,6	+91,4	+7,26

Annexe 16 c : Bilans minéraux apparents (sole III) 1963-1979 Traitement 9

		Exportations par Les plantes en kg/ha					Apports d'éléments (engrais + résidus + eau de pluie en kg/ha + fixation symbiotique)					Bilan apparent par année en kg/ha				
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	S	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	S	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	s
1963	Sorgho	39,7	20,2	75,3	16	11,7	63	-	-	18,5	69	+23,3	-20,2	-75,3	+ 2, s	+56,3
1964	Arachide II	101,2	22	54,2	27,1	13,6	60,6	-	SI	20,8	-	-40,6	-22	3,2	+ 6,3	-13,6
1965	Jachère	20	9,2	88,7	15,4	7,8	24,5	157,6	91,7	97,31	9,2	+ 4,6	+148,4	+ 3	+ 82	+ 2
1966	Arachide I	137,1	30	73,6	36,8	18,4	92,25	-	51	21,76	11,5	-44,75	+ 30	-22,6	- 15	- 7
1967	Sorgho	145	29	181,2	43,5	18	63	-	51	25	69	+ 82	+ 29	+ 30	-18,5	+ 51
1968	Arachide II	131,4	28,7	70,5	35,3	17,6	83	-	60	11,75	11, s	-48,4	-28,7	-10,5	-17,55	+ 6
1969	Jachère	7	3,6	37,9	6,8	4,25	35,5	229,5	76,6	139,5	41,9	+28,5	+ 226	+38,7	+132,5	+37,65
1970	Coton	94,2	37,7	37,7	56,2	19,4	84,3	24	54	22,7	11,5	-10	-13,7	+16,3	-33, s	+ 3
1971	Sorgho	147,4	29,5	184,2	44,21	18,4	84	31,5	30	27	11,6	-63,4	+ 2	-154,5	-17,2	+ 7
1972	Arachide II	135,7	29,6	72,2	36,43	18,2	96	31,5	43,5	14,75	1,7	-39,7	+ 2	- 27	-21,6	- 16
1973	Mais	129,75	62,3	155,7	25,95	10,4	116	42	54	19,7	28,5	-13,75	-20,3	-101,7	+ 6,25	+ 18
1974	coton	109	43,7	43,7	65,1	19,6	35	27	40,5	15,9	8,25	-74	-16,7	+ 3,2	-49,3	-11,35
1975	Sorgho	70,76	14,2	88,5	21,23	8,9	117,4	45,8	216	28,8	22,8	+46,2	+31,6	+127,5	+ 7,6	+ 14
1976	Arachide II	145,84	31,8	78,3	39,2	19,4	102,7	27	40, s	18	8,25	-43	- 4,8	- 38	-21,2	+ 11
1977	Mois	72,8	34,9	87,6	14,6	5,8	128,3	48,4	238,5	24	25	+55,5	+13,5	+150,9	+ 7,4	+19,2
1978	Coton	106,73	42,7	42,7	63,7	20,4	35	27	40,5	18,03	8,253	-71,7	+15,7	-12,2	-45,4	-12,15
1979	Sorgho	75,76	15,2	94,7	22,73	9,5	117,8	46	216	29	23	+ 42	+ 31	+121,3	+ 6,3	+13,5
Bilans apparents globaux											-330,8	+284,8	- 215	-26,50	+119,7	