

UNIVERSITÉ DE  
OUAGADOUGOU  
-----  
CENTRE  
UNIVERSITAIRE  
POLYTECHNIQUE DE  
BOBO-DIOULASSO  
**(C.U.P.B.)**  
-----  
INSTITUT DU  
DÉVELOPPEMENT  
RURAL  
**(I.D.R.)**

CENTRE NATIONAL DE  
LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE ET  
TECHNOLOGIQUE  
**(C.N.R.S.T.)**  
-----  
INSTITUT DE  
L'ENVIRONNEMENT ET  
DES RECHERCHES  
AGRICOLES  
**(I.N.E.R.A.)**

**ORSTOM**  
INSTITUT FRANCAIS DE  
RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE POUR LE  
DÉVELOPPEMENT EN  
COOPERATION

# MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

*Présenté en vue de l'obtention du*

**DIPLOME D'INGENIEUR DU  
DÉVELOPPEMENT RURAL**

*Option : AGRONOMIE*

*Thème :*

**DIAGNOSTIC DES ETATS STRUCTURAUX DES SOLS  
EN FONCTION DES SYSTÈMES DE CULTURE**

**En zone cotonnière Ouest du Burkina  
(Région de Bondoukui)**

*A la mémoire*  
*de*  
*mon père (Réné H. LOMPO) décédé le 16 Juin 1996*  
*et de*  
*mon frère (Bernard H. LOMPO) décédé le 09 Juin 1997.*

*Qu'ils reposent dans la paix du Christ Sauveur.*

## AVANT PROPOS

Ce travail s'inscrit dans le cadre du stage de fin d'études à l'Institut du Développement Rural (I.D.R.). Ce stage s'est effectué à l'ORSTOM (Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération), antenne de Bobo-Dioulasso sous la direction de Monsieur Georges SERPANTIE, chercheur agronome, conjointement avec Monsieur Badiori OUATTARA, chercheur agronome, à l'institut de l'Environnement et des Recherches Agricoles (IN.E.R.A.), dans le cadre du programme de recherche collaboratif sur la gestion et l'amélioration de la jachère en Afrique de l'ouest. Le Directeur de mémoire est Bernard BACYE, assistant à l'IDR. Ce programme appuie les activités de recherche-développement de trois instituts au Burkina Faso : l'institut du Développement Rural (IDR.), l'Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM), l'INstitut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), sous la coordination du Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST). Il est soutenu par la CORAF et la Commission des Communautés Européennes (financement sur crédits DG VIII).

Le présent travail a été réalisé avec la contribution de nombreuses personnes auxquelles je voudrais exprimer ma profonde reconnaissance avant de présenter les résultats.

Messieurs Georges SERPANTIE, agronome à l'ORSTOM et Badiori OUATTARA, agronome à l'INERA, auxquels j'exprime toute ma profonde gratitude pour l'assistance technique et matérielle qu'ils m'ont accordé durant ce travail. Ils n'ont ménagé aucun effort, malgré leurs multiples occupations, pour m'assurer leur disponibilité avec beaucoup d'attention. Leurs conseils et critiques ont permis d'améliorer mes connaissances et renforcer ma formation.

Monsieur Bernard BACYE, mon directeur de mémoire pour ses conseils enrichissants et ses encouragements portés à mon égard.

Monsieur Jean-Louis DEVINEAU, responsable de l'antenne ORSTOM de Bobo-Dioulasso et Madame Anne FOURNIER pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail et pour la sympathie qu'ils m'ont témoignée.

Je dis également merci à l'équipe de l'ORSTOM, Djimadoum MADIBAYE, Manaka DOUANIO, Arnaud KILLIAN, Saibou NIGNAN pour leurs conseils, leur soutien et leur sympathie.

J'adresse également mes remerciements à l'équipe de l'INERA pour leur soutien, leurs conseils et leur esprit de franche collaboration : Korodjouma OUATTARA, Ablassé BILGO et Omer SOUBEIGA.

Je ne saurai terminer sans dire un grand merci à toute ma famille pour le soutien indéfectible et surtout à ma mère (madame LOMPO née YONLI Podama) pour tous les efforts consentis pour mon éducation.

J'adresse une mention particulière à ma très chère Aimée TOUGOUMA pour son affection et son soutien constant durant tout mon cycle scolaire.

A tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, m'ont apporté leur aide dans ce travail, je dis un sincère merci.

Je voudrais enfin dire un grand merci à tous les paysans qui ont accepté que je travaille dans leurs champs.

## Résumé

La région de Bondoukui située à la limite septentrionale du climat sud-soudanien, fait partie de la zone cotonnière de l'Ouest du Burkina Faso. Elle est caractérisée par une forte pression agricole due à un flux migratoire élevé.

La gestion de la fertilité des sols constitue l'un des multiples problèmes à résoudre par les agriculteurs. La présente étude effectuée sur le plateau et dans le bas-glacis, vise à caractériser les états structuraux des sols ferrugineux sous l'influence des systèmes de culture et l'influence des facteurs du milieu sur les cultures.

L'analyse de la caractérisation des états structuraux des sols révèle une dégradation de ceux-ci avec la mise en culture. Cette dégradation est d'autant plus accentuée que la durée de mise en culture est élevée. Par contre la mise en jachère améliore la stabilité structurale de ces sols.

Les taux d'agrégats stables à l'eau sont d'autant plus élevés que le sol est argileux, car l'argile affermit la cohésion des particules constitutives du sol. Il apparaît que certaines formes de matière organique constituent un facteur de stabilité de ces sols grâce, entre autres aux polysaccharides qui jouent un rôle agrégeant.

Mais de façon générale, les sols étudiés ont une porosité globale acceptable, permettant l'installation des cultures. Les états structuraux des sols conditionnent l'installation et la croissance des cultures en fonction des sols (principalement la texture) et du climat.

**Mots clés : Burkina Faso, Sols ferrugineux, Système de culture, Porosité, Stabilité structurale, Profil cultural, Jachère, Maïs.**

## SUMMARY

Located at the northern boundary of the sub-soudanian climate, Bondoukuy district is included in the cotton growing area of the west of Burkina-Faso and is characterized by a great agricultural pressure due to a high migratory flow. Soil fertility management is one the several problems that farmers have to face. This study carried out on the plateau and in the lower glaxis, aims to characterize ferruginous soils structural states under effect of cropping systems and environment factors on crops.

Soils structural states analysis show their degradation when cropped. This degradation is as much more pronounced as the cropping period is long. But, fallowing improves the structural stability of these soils.

The rates of stable aggregates in water are as much high as the soil is clayey because, clay strengthens soil component particles cohesion. It appears that some organic matter forms represent one of these soils stability factor because of polysaccharides which play a binding role.

But generally, the studied soils have reasonable total porousness, allowing crops establishment. The soils structural states determine crops establishment and growth according to soils (mainly texture) and the climate.

**Key words : Burkina-Faso, Ferruginous soils, Cropping system, Porousness, Structural stability, Cropping profile, Fallow, Maize.**

## Listes des figures

	Pages
Figure 1 : Situation du département de Bondoukui dans la province du Mouhoun.	4
Figure 2 : Territoires phytogéographiques du Burkina Faso (d'après Guinko, 1984).	4
Figure 3 : Evolution pluviométrique estimée de Bondoukui de 1920 à 1995 (moyenne lissée de Bobo-Dioulasso et Dédougou).	6
Figure 4 : Températures mensuelles moyennes mesurées en 1996 à la station climatologique ORSTOM de Bondoukui.	6
Figure 5 : Bilan climatique décadaire moyen estimé pour la station de Bondoukui à partir des stations de Bobo-Dioulasso et Dédougou.	7
Figure 6 : Carte pédologique de la région de Bondoukui (d'après LEPRUN et MOREAU, 1969).	10
Figure 7 : Appareil de la cinétique de désagrégation des sols dans l'eau.	24
Figure 8 : Relation entre la teneur en carbone et la teneur en argile + limon fin (0-20 $\mu\text{m}$ ) (d'après FELLER <i>et al.</i> , 1993).	28
Figure 9 : Diagramme textural des champs cultivés (Normes USDA).	52
Figure 10 : Diagramme textural des sols sous jachère (Normes USDA).	52
Figure 11 : Relation entre les taux d'agrégats stables de l'horizon de surface et ceux de la profondeur dans les champs cultivés.	54
Figure 12 : Relation entre les taux d'agrégats stables de l'horizon de surface et ceux de la profondeur des sols sous jachère.	54
Figure 13 : Relation entre la stabilité structurale et le taux d'argile dans les champs cultivés.	55
Figure 14 : Recherche d'un lien entre taux d'agrégats stables et taux de limon / fraction grossière (sols limoneux) sur 0-20 cm.	55
Figure 15 : Relation entre la matière organique et le taux d'argile des sols sous culture.	57
Figure 16 : Relation entre la stabilité structurale et la matière organique des sols sous culture.	57

Figure 17 : Relation entre la stabilité structurale et le rapport MO / A des sols à taux d'argile élevé.	58
Figure 18 : Relation entre la stabilité structurale et le rapport MO / A des sols à taux d'argile faible.	58
Figure 19 : Relation entre la stabilité structurale et le taux d'argile des sols sous jachère.	60
Figure 20 : Relation entre la stabilité structurale et la matière organique dans les sols sous jachère naturelle, par classe de texture.	60
Figure 21 : Taux d'agrégats stables des sols sous jachère et sous culture (horizon 0-10 cm).	61
Figure 22 : Taux d'agrégats stables des sols sous jachère et sous culture (horizon 10-20 cm).	61
Figure 23 : Cinétique de désagrégation du sol à l'eau des sols sous jachère.	65
Figure 24 : Cinétique de désagrégation du sol à l'eau des champs cultivés (0-20 cm).	65
Figure 25 : Cinétique de désagrégation du sol à l'eau des sols sous culture et sous jachère (0-20 cm).	66
Figure 26 : Relation entre la porosité globale de l'horizon de surface et celle de l'horizon 10-20 cm des champs cultivés.	66
Figure 27 : Relation entre la porosité globale de l'horizon (0-10 cm) et le taux d'argile.	69
Figure 28 : Relation entre la porosité globale de l'horizon (0-10 cm) et le taux d'agrégats stables de l'horizon (0-10 cm).	69
Figure 29 : Diagramme climatique pentadaire. Station de Bondoukui, année 1996.	75
Figure 30 : Diagramme climatique pentadaire. Station de Moukouna, année 1996.	75
Figure 31 : Diagramme climatique pentadaire. Station de Bavouhoun, année 1996.	76
Figure 32 : Diagramme climatique pentadaire. Station de Doubassaho, année 1996.	76
Figure 33 : Géométrie du semis de maïs.	82
Figure 34 : Accidents d'établissement du peuplement du maïs	82
Figure 35 : Taux de pieds non fructifiés.	88

Figure 36 : Production potentielle d'épis et accidents d'épiaison (épis nains).	88
Figure 37 : Productivité de l'épiaison en fonction de la densité de pieds.	89
Figure 38 : Diagramme rendement grain / rendement matière sèche aérienne.	89

**Liste des tableaux**

	Pages
Tableau 1 : Typologie des champs cultivés	41
Tableau 2 : Typologie des jachères	42
Tableau 3 : Analyse de variance des taux d'agrégats stables en 1h de tamisage à l'eau en fonction des systèmes de culture.	63
Tableau 4 : Evolution des paramètres de la cinétique de désagrégation du sol en fonction des systèmes de culture.	64
Tableau 5 : Analyse de la porosité totale du sol en fonction des systèmes de culture et de la texture.	71
Tableau 6 : Normes d'interprétation et limitation agricoles de la porosité selon respectivement RIQUIER et BOYER.	72
Tableau 7 : Tableau comparatif des résultats et des facteurs de l'installation du peuplement du maïs.	81
Tableau 8 : Tableau des résultats et facteurs de l'enracinement de maïs.	86
Tableau 9 : Tableau comparatif des résultats et des facteurs de croissance du peuplement du maïs.	90

**TABLE DES MATIERES**

	Pages
Avant propos	i
Résumé	iii
Summary	iv
Liste des figures	v
Liste des tableaux	viii
Table des matières	ix
 <b>INTRODUCTION</b>	 <b>1</b>

**PREMIERE PARTIE :**

<b>Chapitre 1. CADRE DE L'ETUDE</b>	<b>3</b>
1.1. Le milieu physique	3
1.1.1. Localisation	3
1.1.2. Le climat	3
a) Précipitation et évapotranspiration	5
b) La température	5
c) Période active de végétation	8
d) Les vents	8
1.1.3. Géomorphologie	9
1.1.4. Les sols	9
1.1.5. La végétation	11
a) Groupements des formations sur cuirasses	11
b) Groupements des sols gravillonnaires	12
c) Groupements des sols non gravillonnaires à dominante sableuse ou argileuse	12

1.2. Le milieu humain et les systèmes de culture	12
1.2.1. Population et principaux groupes ethniques	12
1.2.2. Les systèmes de production	13
1.2.3. Les systèmes de culture	14
1.3. Les cultures	16
1.3.1. Le cotonnier	16
1.3.2. Le maïs	16
1.3.3. Le sorgho	17
<b>Chapitre 2. EVOLUTION DE L'ETAT STRUCTURAL DES SOLS CULTIVES :</b>	
<b>ETAT DES CONNAISSANCES</b>	<b>18</b>
Introduction	18
2.1. Comment caractériser l'état structural des sols	19
2.1.1. Approche morphologique	19
2.1.2. Approche physico-chimique	19
2.1.2.1 Structure et développement racinaire	20
2.1.2.2. Structure et infiltration	20
2.1.2.3. Mesure de la porosité	21
2.1.2.4. Mesure de la stabilité structurale	23
2.2. Evolution des caractères structuraux des sols sous l'influence des systèmes de culture	25
2.2.1. Evolution sous culture continue après défriche de forêt	25
2.2.2. Evolution après longue période de jachère	26
2.3. Evolution des caractères chimiques des sols sous l'influence des systèmes de culture	27

2.4. Action spécifique des substrats organiques sur les caractères structuraux des sols	30
2.5. Influence des techniques culturales sur les caractéristiques structurales des sols	31
2.6. Les relations des plantes avec leur milieu	33
2.6.1. Le sol et la plante	33
2.6.2. Modifications des propriétés du sol par l'activité racinaire	34
Conclusion	35
<b>Chapitre 3. PROBLEMATIQUE ET DEMARCHE</b>	<b>36</b>
3.1. Problématique	36
3.2. Démarche	36
<b>Chapitre 4. MATERIELS ET METHODES</b>	<b>38</b>
4.1. Choix des parcelles	38
4.2. Itinéraires techniques	42
4.3. Emplacement des profils	42
4.4. Description des profils	43
4.5. Caractérisation de l'enracinement	43

4.6. Prélèvement des échantillons de sol	44
4.6.1. Echantillons de densité apparente	44
4.6.2. Echantillons pour analyse physico-chimique	44
4.7. Méthodes d'études physique	45
4.7.1. La densitométrie	45
4.7.2. La porosité	46
4.7.3. Cinétique de désagrégation du sol à l'eau	46
4.8. Les méthodes d'analyses chimique	47
4.9. Composantes du rendement	48
4.10. Traitement des données	49
4.11. Interprétation des résultats	50

## **DEUXIEME PARTIE**

<b>Chapitre 5. CARACTERISATION DES ETATS STRUCTURAUX DES SOLS CULTIVES</b>	<b>51</b>
5.1. La granulométrie	51
5.2. La stabilité structurale des sols à l'eau	53
5.2.1. Rôle des propriétés du sol	56
a) Taux d'argile	56
b) Taux de matière organique	56
5.2.2. Influence des systèmes de culture	62
5.2.3. Conclusion	67

5.3. Impact des systèmes de culture sur la porosité des sols.	68
5.4. Conclusion	73
<b>Chapitre 6. Influence des facteurs du milieu sur l'installation et la croissance des culture (exemple du maïs)</b>	<b>74</b>
6.1 Le climat de l'année 1996	74
6.1.1. Le Plateau	74
6.1.2. Le Bas-Glaciis	77
6.2. Observations sur la réalisation des interventions techniques	79
6.3. Influence du milieu sur les cultures	80
6.3.1. L'installation du peuplement	80
6.3.2. Phase végétative	84
<b>CONCLUSION GENERALE</b>	<b>91</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>94</b>
<b>ANNEXES</b>	

## *INTRODUCTION.*

Pendant de longues années, les populations de l'ouest du Burkina, ont pratiqué une agriculture de subsistance basée en majorité sur la culture itinérante. Ces populations en particulier celles du pays Bwaba exploitaient leurs ressources naturelles sans grand souci à cause de leur abondance, des conditions climatiques favorables et de la très faible densité de la population. La terre est cultivée pendant de brèves périodes (3 à 5 ans) puis laissée en jachères naturelles de 20 à 40 ans permettant ainsi au milieu de retrouver ses caractéristiques physiques, chimiques et biologiques favorables (PIERI, 1989). Ces pratiques paysannes basées sur une agriculture itinérante associée à des systèmes de cultures permanentes, autour des cases, combinant parc arboré, élevage sédentaire, jardins et cultures vivrières et des activités de chasse et cueillette ont permis au système traditionnel de production de se reproduire. Mais cet équilibre entre l'homme et son environnement, nécessitant de vastes espaces sera profondément perturbé sous l'action de plusieurs processus : une pression démographique de plus en plus forte, l'introduction et le développement des cultures commerciales, une monétarisation de l'activité agricole, le développement de la culture attelée et la priorité accordée à l'agriculture dans les programmes de développement.

Actuellement, le système se caractérise par un raccourcissement, voire une disparition de la période de jachère et une prolongation de l'exploitation de la terre. D'où l'apparition de nouveaux systèmes de culture fondamentalement « miniers » et à reproductibilité compromise (PIERI, 1989 ; VAN DER POL, 1990).

Dans les savanes soudaniennes, la question du devenir des systèmes de culture à jachère se pose à cause de la forte pression foncière et des opportunités techniques fournies par les cultures commerciales. Aussi la gestion de la fertilité des sols devient un problème à résoudre par les agriculteurs.

La dégradation des caractéristiques physico-chimiques des sols, sous l'effet de la culture, constitue l'une des causes fondamentales de la perte de leur fertilité (CHARREAU et NICOU, 1971). Cette dégradation résulte de phénomènes qui affectent différemment la productivité des sols selon la nature de ceux-ci, les pratiques culturales qui y sont appliquées et les conditions climatiques du milieu (PIERI, 1989).

En général, les conditions culturales se dégradent en cours de culture et certaines contraintes peuvent apparaître et s'avérer néfastes pour des systèmes de culture donnés compromettant ainsi les objectifs de production des paysans. Lorsque ces contraintes atteignent un certain seuil, le paysan est obligé d'abandonner le champ pour aller défricher ailleurs. Cette pratique restait possible tant que des jachères étaient disponibles, mais la saturation de l'espace écarte de plus en plus cette alternative.

Quelles sont ces contraintes qui affectent le niveau de production des champs ?

Quel est l'effet des différents systèmes de culture sur l'évolution des états structuraux des sols ?

Un diagnostic des états structuraux dans des sols cultivés est indispensable pour permettre d'identifier les contraintes que cela représente pour l'agriculture dans la région.

La présente étude a pour thème : "*Diagnostic des états structuraux des sols en fonction des systèmes de culture en zone cotonnière ouest du Burkina (région de Bondoukui)*"; elle vise à contribuer à la connaissance de l'influence des systèmes de culture sur l'état de dégradation des sols, particulièrement dans le domaine de la fertilité physique des sols.

Le présent mémoire comportera deux parties :

Une première partie présentant le cadre de l'étude, l'état des connaissances sur l'évolution des états structuraux des sols cultivés, la problématique et la démarche suivie. C'est également dans cette partie que nous décrirons les matériels et les méthodes d'analyse utilisés.

Dans une seconde partie, nous caractériserons les états structuraux des sols cultivés dans la diversité des situations observables dans la région et analyserons l'influence des facteurs du milieu sur les cultures de la campagne 1996.

**PREMIERE PARTIE :**

- **CADRE DE L'ÉTUDE**
- **ÉVOLUTION DES ÉTATS STRUCTURAUX DES SOLS CULTIVES : (état des connaissances)**
- **PROBLÉMATIQUE ET DÉMARCHE**
- **MATERIELS ET MÉTHODES**

## **CHAPITRE 1 . CADRE DE L'ETUDE**

### **1.1. LE MILIEU PHYSIQUE**

#### **1.1.1. Localisation**

La région de Bondoukui, où l'étude a été effectuée, est située sur la rive droite du Mouhoun, à 100 km au nord de Bobo Dioulasso sur l'axe Bobo-Dédougou, entre l'aire Bwaba à l'est et l'aire Bobo à l'ouest. Elle fait partie intégrante du grand ensemble agro-écologique de l'ouest Burkinabé qu'est la zone cotonnière.

Bondoukui est le chef lieu de l'un des départements de la province du Mouhoun et regroupe 25 villages (fig.1). Situé à une altitude de 360 m, il a pour coordonnées géographiques : 3° 45' longitude ouest et 11° 51' de latitude sud.

Le département de Bondoukui se compose de trois régions naturelles : la plaine du Tui à l'est, le plateau de Bondoukui au centre et la plaine du Mouhoun ("Bas-glacis") à l'ouest. Notre étude a été conduite sur le plateau et dans la plaine du Mouhoun.

#### **1.1.2. Le climat**

Bondoukui est situé dans la zone climatique sud-soudanienne, plus précisément dans le district Ouest-Mouhoun du secteur phytogéographique soudanien méridional défini par GUINKO (1984) (fig.2). Ce climat est marqué par deux saisons bien contrastées : une saison pluvieuse de 5 à 6 mois et une saison sèche de 7 à 6 mois. Le principal facteur de différenciation entre cette zone et la zone nord-soudanienne est la pluviométrie.

En effet il tombe environ 900 à 1300 mm de pluie par an dans la zone sud-soudanienne tandis que la zone nord-soudanienne plus sèche ne reçoit que 900 à 600 mm de pluie par an. Ces pluies ne sont réparties que sur 4 à 5 mois (Atlas du Burkina Faso, 1993).

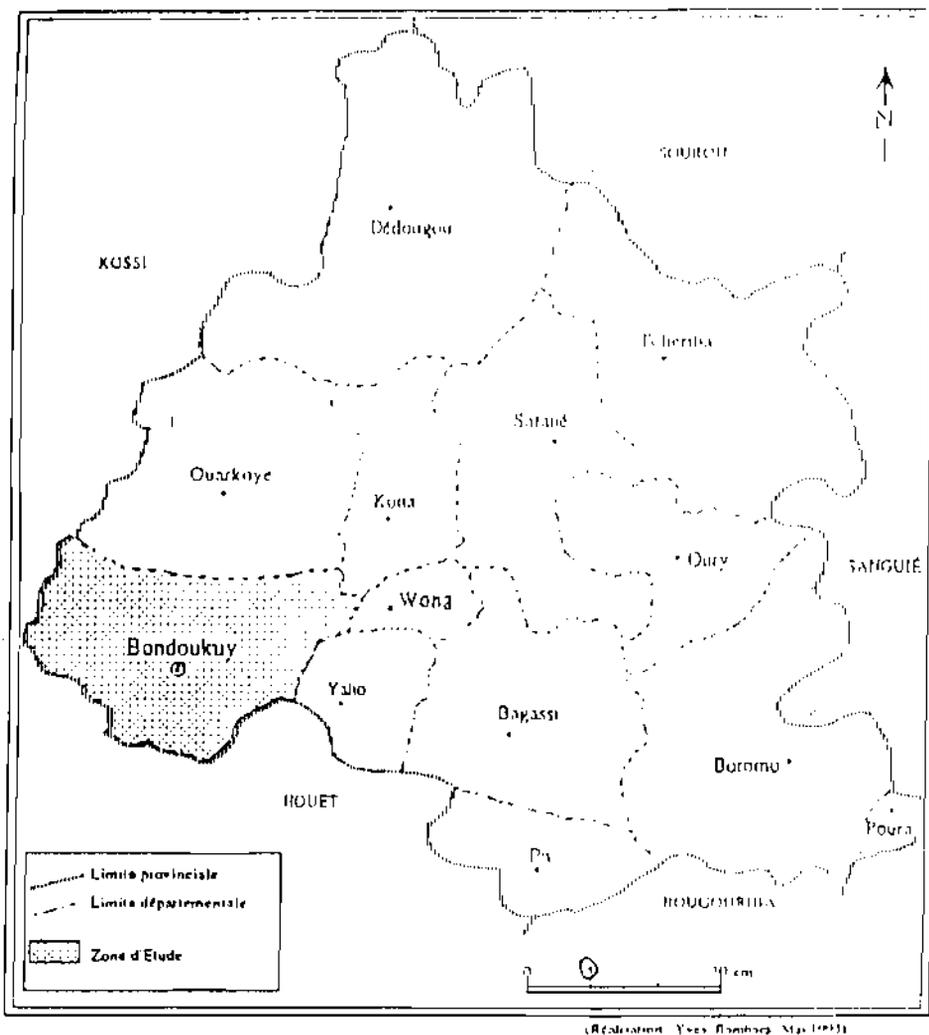


Figure 1 : Situation du département de Bondoukou dans la province du Mouhoun (météorologie nationale).

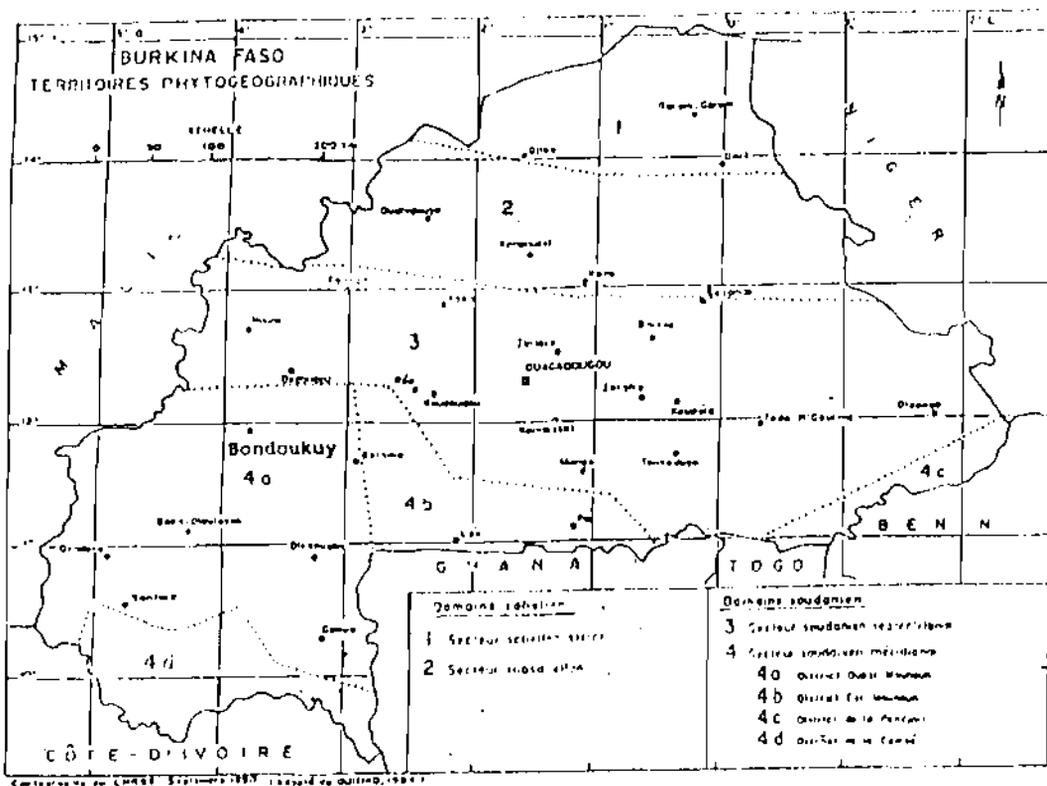


Figure 2 : Territoires phytogéographiques du Burkina Faso (d'après Guinko, 1984).

### a) Précipitations et évapotranspiration

La pluviométrie mesurée à Bondoukui par l'ORSTOM entre 92 et 95 (947 mm) correspond exactement à la moyenne des stations de Bobo-Dioulasso et de Dédougou (957 mm) sur la même période. La figure 3 donne l'évolution de cette moyenne depuis 1920. Elle met en évidence deux phases climatiques homogènes. La pluviométrie moyenne annuelle 1950-1967 est de 1085mm, 1968-1985 de 880 mm seulement.

La moyenne décadaire des stations de Bobo-Dioulasso et Dédougou permet d'estimer le climat saisonnier de Bondoukui, en fonction de chaque phase (données Aghrymet, figure3).

Outre la diminution de l'excédent pluviométrique d'hivernage, la phase sèche se signale par un raccourcissement de la période humide de 1 à 2 décades, et par un raccourcissement de la fréquence des coupures en cours de saison sub-humide et sub-sèche (SERPANTIE, com. Pers.).

Les précipitations se singularisent par leurs variations interannuelles et leur répartition spatiales. Le coefficient de variation intrannuel est de 13,7%, plus faible que celui du Sahel qui atteint 20%.

L'évapotranspiration Potentielle (ETP) de la région atteint 1900 mm en moyenne avec 6,8 mm/j en Février et Mars et 3,3 mm/j en Août. Pendant les périodes d'air sec, on enregistre de fortes valeurs d'ETP dues à un terme énergétique advectif élevé. Par contre en période humide, l'hygrométrie de l'air est élevée, l'ETP est réduit à sa seule composante radiative, accroissant de ce fait l'excédent climatique des mois de Juillet et Août.

### b) La Température

La figure 4. représente les températures mensuelles minimales, moyennes et maximales de Bondoukui en 1996.

Au cours de l'année, les températures maximales mensuelles varient de 30°C à 38°C et les minimales oscillent entre 17°C et 25°C. La moyenne est comprise entre 24°C et 30°C. Les mois les plus chauds sont Février, Mars, Avril et Mai . Les plus froids sont Décembre et Janvier.

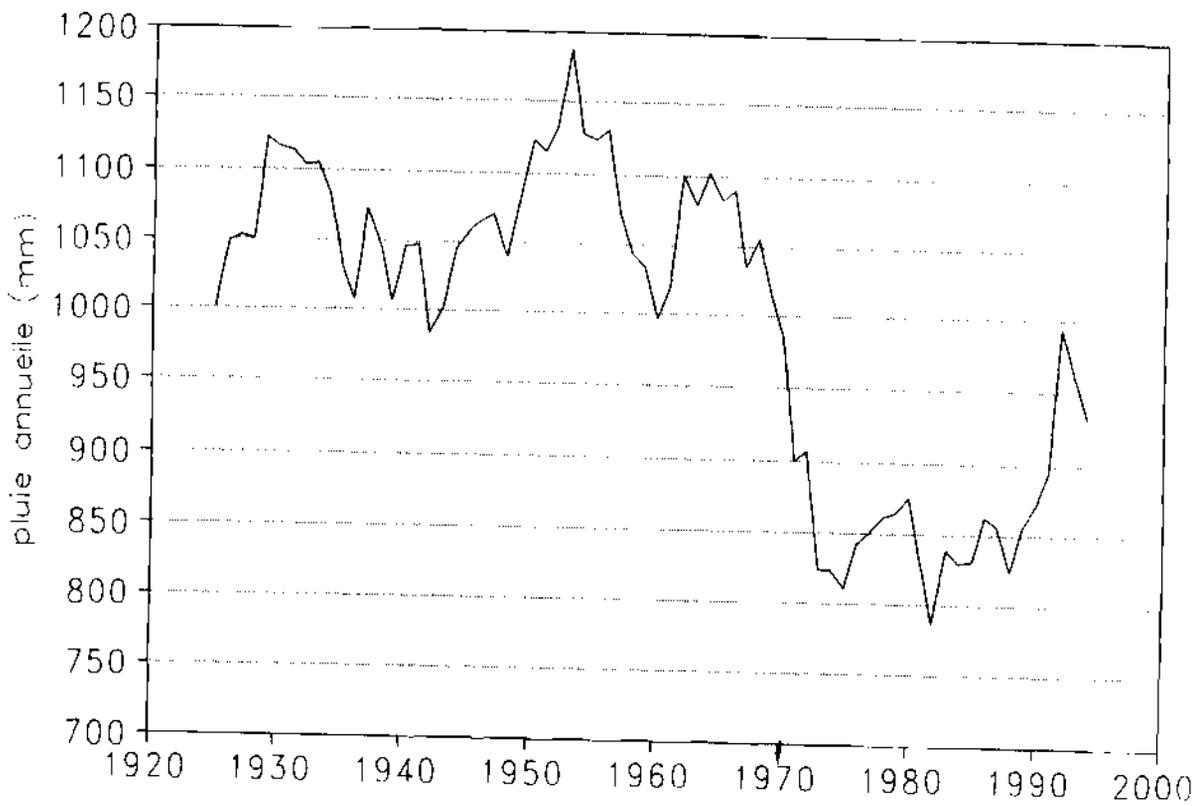
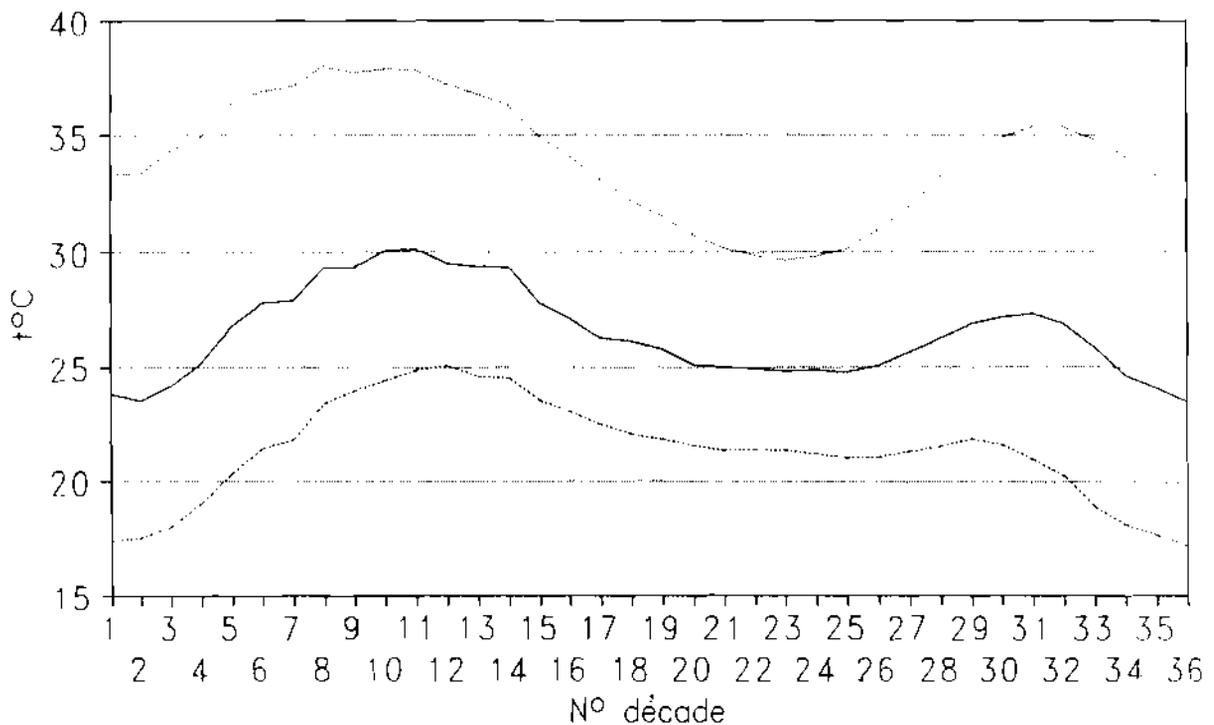


Figure 3 : Evolution pluviométrique estimée de Bondoukui de 1920 à 1995 (moyenne lissée de Bobo-Dioulasso et Dédougou).



temp min — temp moy — temp max

Figure 4 : Températures mensuelles moyennes mesurées en 1996 à la station climatologique ORSTOM de Bondoukui.

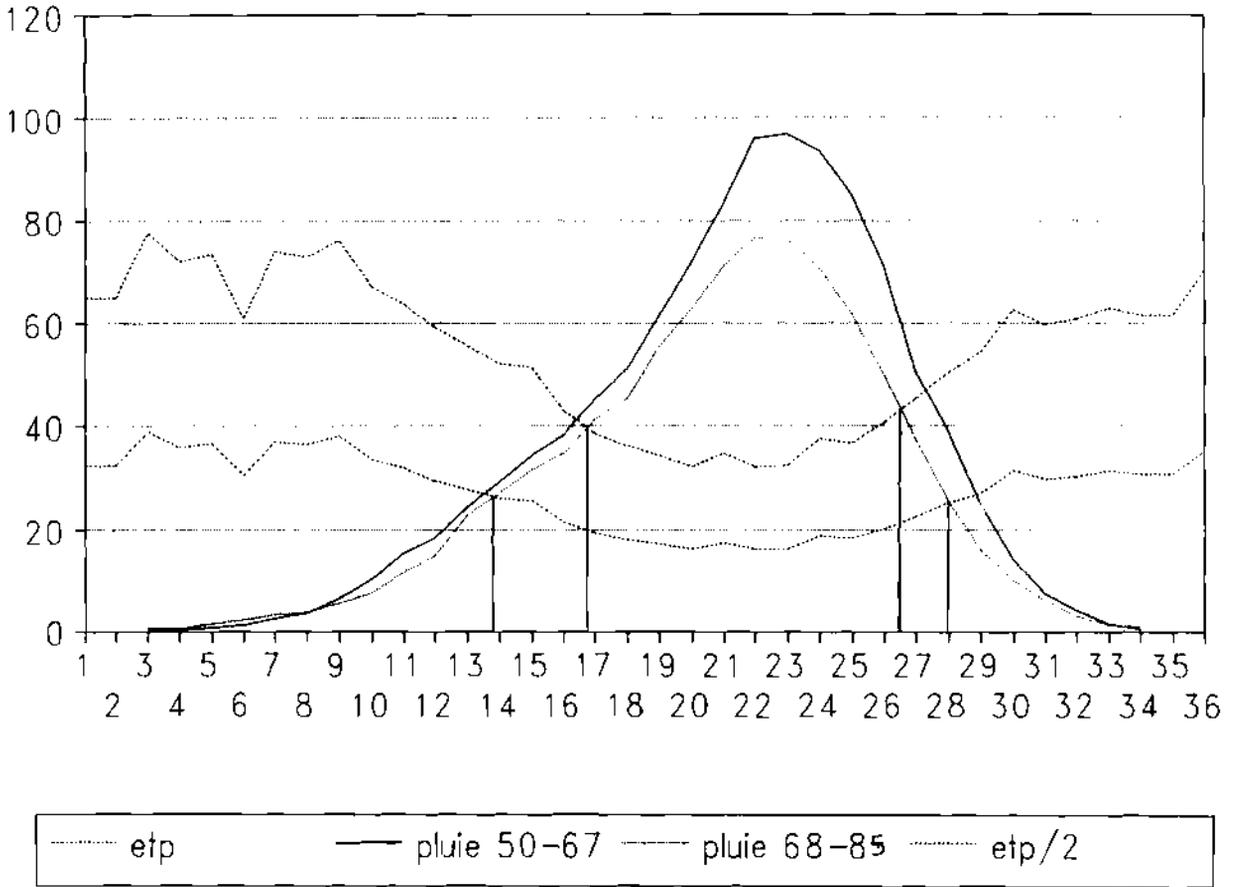


Figure 5 : Bilan climatique décadaire moyen estimé pour la station de Bondoukui à partir des stations de Bobo-Dioulasso et Dédougou.

### c) Période active de végétation

Le bilan climatique moyen (fig.5), permet de distinguer les différentes périodes biologiques, telles qu'elles ont été définies par FRANQUIN (1984).

La période active de végétation correspond à celle pendant laquelle les précipitations sont supérieures à la moitié de l'ETP (ETP/2).

Les pluies précoces inférieures à ETP/2 ne suffisent pas pour permettre le semis mais peuvent permettre la germination des adventices. Par contre la période sub-humide située entre la deuxième décade de Mai et la première décade de Juin et supérieure à ETP/2 tout en étant inférieure à ETP, est favorable aux semis, mais déjà à cette période des espèces comme : *Dactyloctenium aegyptium*, *Digitaria horizontalis* et *Digitaria gayana* sont présentes (MADIBAYE, 1993) ce qui entraîne la compétition pour l'eau et les éléments nutritifs entre les jeunes cultures et ces adventices.

La période humide (précipitations supérieures à l'ETP) est la période de constitution des réserves hydriques et évacuation des excès d'eau du sol par drainage ou ruissellement. C'est aussi une période de lixiviation potentielle des éléments minéraux comme l'azote nitrique et des cations (en particulier ceux apportés par les engrais minéraux).

La période post-humide est le temps de l'utilisation des réserves hydriques du sol par les plantes.

Compte tenu des différences des milieux dans la région (sols sableux et sols limoneux-argileux), la période active de végétation s'étend donc de la troisième décade de Mai à la troisième de Septembre pour les sols sableux et en général de la première décade de Juin à la première d'Octobre pour les sols argileux.

### d) Les vents

Comme dans toutes les régions tropicales, la région de Bondoukui est caractérisée par deux types de vents dominants caractéristiques de deux types de saisons. En saison sèche (Novembre-Avril) souffle un vent sec, l'harmattan et la saison pluvieuse est dominée par des vents humides de mousson.

### 1.1.3. Géomorphologie

Les grands traits géomorphologiques de la région ont été décrits par LEPRUN et MOREAU (1969), GUILLOBEZ et RAUNET (1979), KISSOU(1994).

La géomorphologie de Bondoukui se caractérise dans sa partie orientale par une plaine (280-320 m) drainée par le Tui. A l'ouest se trouve une côte gréseuse entaillée de petits drains (côte de Sara).

Le revers de côte ou glacis structural de dénudation (GUILLOBEZ, 1985) forme le "plateau" situé à 360 m d'altitude. Sur ce plateau s'érigent des buttes cuirassées isolées dominant la région à une altitude variant entre 380 et 400 m (GUILLOBEZ et RAUNET, 1979). Ce sont les témoins du "haut glacis".

Le moyen glacis est représenté par des buttes cuirassées ou des plateaux ayant une altitude plus faible (280-360 m). Il a été fortement disséqué par un réseau hydrographique dense. Les témoins du moyen glacis, renforcés localement par des niveaux du haut glacis, forment une bande allongée nord-sud qui marque la fin du plateau.

Le bas-glacis, domaine le plus cultivé de la région se caractérise par des surfaces planes à pente faible (05%) bordant le Mouhoun. La plaine alluviale du Mouhoun est la plus basse et est soumise à des inondations annuelles dues à l'onde de crue du fleuve.

### 1.1.4. Les sols

L'étude des sols de la région Ouest-nord du Burkina Faso réalisée par LEPRUN et MOREAU(1969) à l'échelle 1/500000 (fig.6) indique que dans la zone on a principalement trois associations de sols :

- les sols peu évolués d'érosion sur matériaux gravillonnaires en association à des lithosols sur cuirasse ferrugineuse. Ces sols squelettiques à cuirasse superficielle sont à faibles recouvrements gravillonnaires ;

- les sols ferrugineux tropicaux hydromorphes sur matériaux sablo-argileux à argileux, associés à des sols hydromorphes à pseudogley, à taches et concrétions sur matériaux limono-argileux à argileux. Cette association se développe entre la plaine alluviale et le glacis cuirassé. Ce sont des sols argileux à pseudogley dont l'engorgement s'intensifie vers 1m de profondeur ;

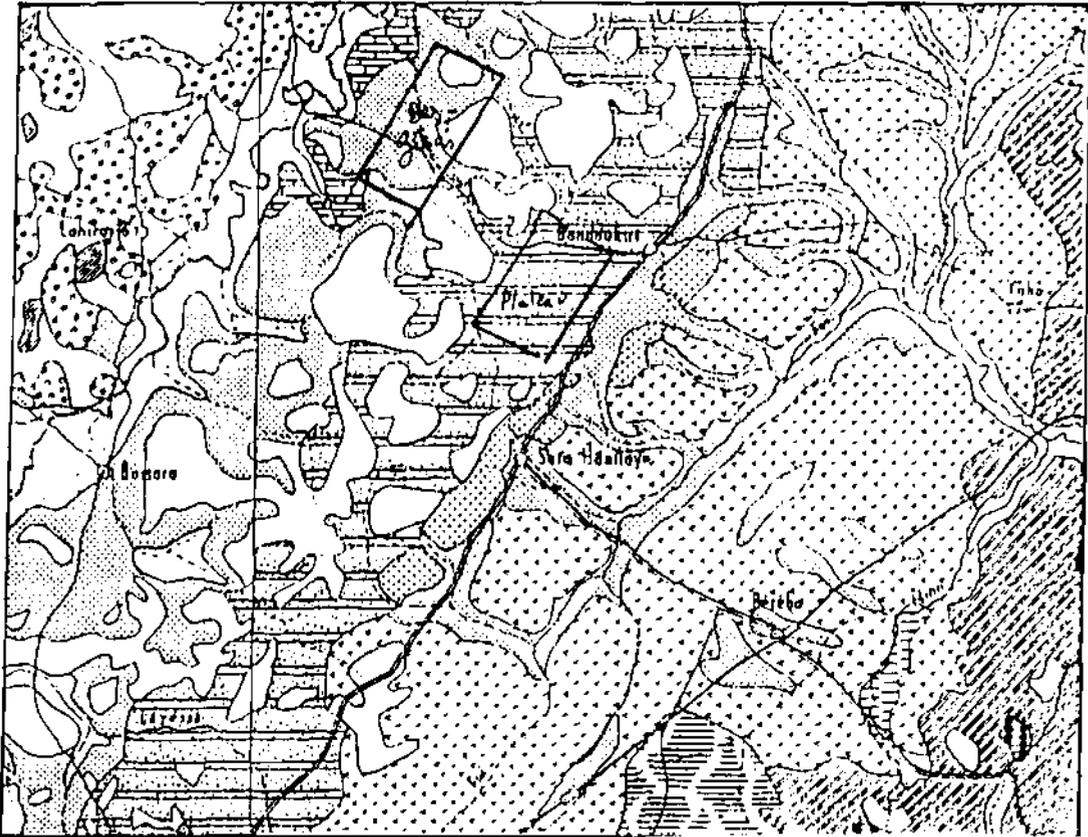


Figure 6 : Carte pédologique de la région de Bondoukou (d'après LEPRUN et MOREAU, 1969)

LEGENDE

**SOLS MINÉRAUX BRUTS**  
D'ORIGINE NON CLIMATIQUE  
D'ÉROSION  
LITHOLSOLS

Sur grès

**SOLS PEU ÉVOLUÉS**  
D'ORIGINE NON CLIMATIQUE  
D'ÉROSION  
RÉGIONS

Sur matériau gravillonneux

Association à lithosols sur cuirasse ferrugineuse

**SOLS A MULL**  
DES PAYS TROPICAUX  
**SOLS BRUNS EUTROPHES**  
MODAUX

Sur matériau caillouteux issu de roches basiques

Association à sols bruns eutrophes hydromorphes sur matériau remanié riche en éléments grossiers et à verticils topomorphes grumoliques modaux

**SOLS A SESOUIOXYDES ET A MATIÈRE ORGANIQUE**  
RAPIDEMENT MINÉRALISÉE  
**SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX**

**LESSIVÉS OU APPAUVRIS**

A TACHES ET CONCRÉTIONS

Association à sols peu évolués d'érosion sur matériel gravillonneux et à lithosols sur cuirasse

EXPRESSIONS

Sur matériau sable argileux à argiles

Association à sols ferrugineux fortement et moyennement désaturés

Association à sols hydromorphes à pseudogleys à taches et concrétions sur matériel limono-argileux à argiles

Sur matériau limono-argileux à argiles

**REMANIÉS**  
APPAUVRIS

Sur matériau gravillonneux et cuirasse ou altération de schistes

Association à sols ferrugineux remaniés indurés sur matériel gravillonneux et à lithosols sur cuirasse

Sur matériau gravillonneux et cuirasse ou altération latérite

Association à sols ferrugineux remaniés indurés sur matériel gravillonneux

INDURÉS

Sur matériau sableux à argilo-sableux à niveau gravillonneux

Association à sols ferrugineux limono-hydromorphes sur matériau polyphasé sablo-argileux et argilo-sableux

**SOLS HYDROMORPHES**  
MINÉRAUX

**PEU LIQUIFIÉES A PSEUDOGLEYS**  
A TACHES ET CONCRÉTIONS

TACHES ET CONCRÉTIONS

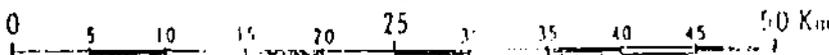
Sur matériau altéré, mure de texture variable souvent argileux

TACHES INDURÉS

Association à sols hydromorphes peu liquifiés à pseudogleys sur matériel gravillonneux

Association à sols hydromorphes peu liquifiés à pseudogleys sur matériel gravillonneux

Échelle: 1/500 000



- les sols ferrugineux tropicaux hydromorphes sur matériaux sablo-argileux à argileux, associés à des sols ferrallitiques faiblement et moyennement désaturés. Les sols ferrallitiques occupant la partie supérieure des pentes. Ils sont profonds, bien drainés. La structure massive en B, la perte de la friabilité et la cohésion moyenne à forte, indiquent une évolution de ces sols vers les sols ferrugineux.

Sur le "plateau" de Bondoukui, les sols ont été cartographiés par KISSOU et ZOMBRE en 1993. Les sols ferrugineux sont prédominants (65%) et sont de structure massive, pauvres en éléments nutritifs. La présence de la carapace, au niveau des sols ferrugineux indurés, bien que poreuse la plupart du temps, handicape l'enracinement des plantes et limite la disponibilité en eau. Les sols ferrallitiques sont assez étendus (23%). Ils sont généralement profonds, bien drainés, chimiquement pauvres, mais homogènes. Ils sont dépourvus d'obstacles structuraux et offrent de ce fait, une bonne pénétration aux racines. Ils présentent en profondeur des teneurs notables en aluminium échangeable qui peuvent devenir toxiques pour certaines plantes à système racinaire pivotant comme le cotonnier.

Les sols cultivables de la zone du bas-glacis sont essentiellement répartis entre les sols ferrugineux tropicaux lessivés, à taches et concrétions, et les sols lessivés hydromorphes (ZOMBRE, 1995) développés à partir de roches mères de la série schisto-dolomitique (siltstone, argilites carbonates). Ils sont sablo-limoneux à limono-sableux et peuvent être, localement, pourvus d'un pH neutre avec un complexe absorbant saturé.

Tous ces sols présentent des textures sablo-limoneuses à limono-sableuses.

La présente étude a été conduite, sur les sols ferrugineux.

#### 1.1.5. La végétation

L'analyse floristique réalisée en 1993 par DEVINEAU et FOURNIER permet de mettre en évidence trois principaux ensembles de groupements :

##### a) Groupements des formations sur cuirasses

On rencontre deux principales formations : les formations arbustives claires des rebords de cuirasse et buttes cuirassées et les formations herbeuses des cuirasses.

## b) Groupements des sols gravillonnaires

Les principales formations rencontrées :

- les formations naturelles ou jachères anciennes arborées ou boisées parfois forêt claire à *Isoberlinia doka* ;
- les savanes arbustives ou arborées à *Burkea africana* ;
- les savanes arbustives à *Detarium microcarpum* et *Ozoroa insignis*.

## c) groupements des sols non gravillonnaires à dominante sableuse ou argileuse

Sur ces sols se rencontrent cinq principales formations :

- la végétation des jachères ou friches herbeuses ou arborées à couvert ligneux faible sur sols hydromorphes ;
- la végétation des jachères ou friches arbustives à *Piliostigma thonningii* ;
- la végétation des jachères ou friches à *Dichrostachys cinerea* et *Securinega virosa* ;
- la végétation des friches ou jachères à *Pteleopsis suberosa* et *Annona senegalensis* ;
- la végétation des jachères herbeuses ou arbustives à *Piliostigma reticulatum*.

A côté de ces groupements savanicoles existe un type physiologique répandu, caractéristique des zones de culture. C'est le parc arboré dominé principalement par *Vittelaria paradoxa* et localement par *Parkia biglobosa*. Celui à *Faidherbia albida* reste peu développé et se localise à côté des villages d'ethnie Bwaba autochtone.

## 1.2. LE MILIEU HUMAIN ET LES SYSTEMES DE CULTURE

### 1.2.1. Population et principaux groupes ethniques

Au recensement de 1985, avec une superficie de 1100 km<sup>2</sup>, le département de Bondoukou comptait 32851 habitants soit une densité moyenne d'environ 30 habitants au km<sup>2</sup> (Institut National de la Statistique et de la Démographie, 1988).

La forte densité de la population s'explique par l'afflux des migrants dont la croissance démographique a élevé le taux de croissance de la population (3,3% par an) comparativement à celui national (2,2%). Par contre la démographie Bwaba (autochtone) évolue peu.

Cette population autochtone Bwaba est la principale détentrice des terres. Les premiers migrants Dafing installés dans le village sont venus des régions environnantes. Ensuite sont arrivés les Mossi et les Peul. Les premiers Mossi sont venus du plateau central dans les années 1970 à la recherche de terres cultivables, puis d'autres vagues sont arrivées dans les années 1980. Ainsi de véritables villages de migrants comme Bouladi, Moukouna, Silmimossi sont nés à proximité des villages Bwaba ou dans des zones éloignées des villages.

Il faut noter que jusqu'à nos jours de nouveaux migrants arrivent dans la région. Cette affluence migratoire fait de Bondoukui la deuxième zone d'immigration après celle de Solenzo dans la Kossi.

### 1.2.2. Les systèmes de production

Les cultures sont surtout pratiquées vers le Mouhoun (cours d'eau) dans le "bas-glacis" ainsi que sur le plateau et dans les vallées reliant le bas-glacis au plateau. De nos jours, même les terres marginales et érodibles sont de plus en plus mises en culture à cause de la forte pression foncière qui s'exerce dans la région, en particulier par les nouveaux migrants. Cependant il existe encore des jachères jalousement conservées par les autochtones. C'est le cas des jachères qui ont été pris en compte dans la présente étude.

Généralement trois systèmes de production sont rencontrés dans la région (SERPANTIE *et al*, 1993) :

- un système de production visant exclusivement la satisfaction des besoins alimentaires. C'est une agriculture de subsistance surtout pratiquée par les migrants nouvellement installés qui font les cultures vivrières : sorgho, mil en association avec le niébé ainsi que de petites surfaces de légumineuses. Ils pratiquent aussi un élevage restreint se limitant le plus souvent à la volaille et quelques petits ruminants ;

- un système de production orienté à la fois vers l'autosuffisance alimentaire et le marché. C'est le système coton-céréales avec un élevage comprenant en général une paire de boeufs de trait. La préparation du sol et l'entretien des cultures se font à la charrue attelée ou, exceptionnellement au tracteur (pour le coton et le maïs surtout).

En général, les labours, la fumure minérale, les produits phytosanitaires sont réservés aux cotonniers, les céréales ne bénéficiant que des arrières effets de la fumure du coton dans la rotation. Le maïs bénéficie aussi souvent du même traitement que le coton (labours, fumure minérale et même fumure organique). Le coton, principale source de revenu monétaire, permet le remboursement des crédits d'intrants et d'équipement. C'est un système pratiqué par les autochtones Bwaba et les premiers migrants (Dafing et Mossi).

Un troupeau de thésaurisation, est souvent constitué mais généralement confié à des bergers Peul. Seul un cheptel de trait (environ 1/3 des bovins ; KIEMA, 1992) est conduit intensivement pour compléter son alimentation ;

- un élevage Peul et Silmimossi de type extensif, dont les troupeaux sont conduits en hivernage sur les anciennes jachères et les piémonts collinaires (KIEMA, 1992).

Après la récolte, les troupeaux sont conduits sur les champs pour profiter des résidus de récolte et en pleine saison sèche, à cause de la rareté du pâturage et de l'eau, les gros troupeaux sont dirigés en transhumance vers les régions sud-soudaniennes (Bougouriba surtout), tandis que les petits troupeaux se contentent des rares pâturages non brûlés, des repousses des prairies humides, d'une complémentation en résidus de récolte stockés et enfin d'émondages et de fruits de certains arbres.

### 1.2.3. Les systèmes de culture

La jachère représente l'état d'un terrain temporairement sans peuplement cultivé, qui remplit divers rôles (SEBILLOTTE, 1985). Elle correspond le plus souvent en Afrique au mode d'utilisation du sol le plus courant même si chaque situation bénéficie de modalités propres. La jachère est aussi le reflet d'un système d'accès à la terre particulièrement souple mais néanmoins garanti par des instances appropriées (SERPANTIE *et al*, 1993).

- Les situations culturelles étudiées, en supposant que l'état final des jachères de même physiologie-durée est régulier, sont sériées de la façon suivante :

Les " séries culturelles ". Ce sont des situations culturelles ayant mis en jeu une phase jachère et une phase culture. La phase jachère initiale et la phase de culture après défriche sont de durée variable.

Les séries observées :

- les plus fréquentes ; ce sont les séries à base d'une jachère longue à strate arbustive fournie (d'au moins 20 ans), suivies de temps de culture variés ; pour les plus longs (plus de 20 ans) d'une entrée progressive en culture permanente (suite à la transition actuelle entre deux grands systèmes de production : la culture vivrière itinérante et les systèmes actuels basés sur l'engrais, les rotations et les cultures commerciales) ;
- les séries à base de jachères de 10 ans suivie d'une période culturelle n'excédant généralement pas 10 ans .

Depuis la jachère, les situations culturelles se différencient par la durée de mise en culture. Ainsi on peut identifier :

- les nouvelles défriches (champs d'âges inférieurs à 5 ans) ;
- les champs de 5 à 10 ans (« cultures pionnières ») ;
- les champs de 10 à 20 ans (« cultures intermédiaires ») ;
- les champs ayant plus de 20 ans en culture continue ou avec courtes jachères de moins de 5 ans (passage progressif à la « culture permanente »).

- La caractéristique du peuplement d'une jachère dépend de sa durée d'existence, de son état initial et de l'environnement (sol, utilisation). En effet les jachères étudiées, choisies en fonction de leur durée de vie, présentent des caractéristiques différentes :

- les jachères jeunes, d'âge inférieur à 10 ans, sont caractérisées par un tapis herbacé annuel dense avec quelques arbustes ;
- les jachères peu âgées de 10 à 30 ans se caractérisent par une formation arbustive dense avec beaucoup d'herbes pérennes.
- Les jachères anciennes (Duiré) de plus de 30 ans, présentes en plus une strate d'arbres (et pas seulement des espèces de parc).

### 1.3. LES CULTURES

Le diagnostic des états structuraux des sols sous cultures a pris en compte les trois principales spéculations suivantes :

#### 1.3.1. Le cotonnier

Le cotonnier est une plante vivace transformée par les conditions de culture en plante annuelle. Il appartient à la famille des Malvacées, au genre *Gossypium*. Deux espèces sont cultivées en Afrique de l'ouest (le *Gossypium barbadense* et *Gossypium hirsutum*), mais au Burkina Faso les variétés cultivées appartiennent à l'espèce *hirsutum*.

Le système racinaire du cotonnier est constitué par une racine pivotante qui est un indicateur visuel, bien approprié de la compacité du sol. Elle porte des ramifications et sa profondeur d'enracinement varie en fonction des conditions édaphiques.

Le cotonnier préfère les sols profonds, perméables, de texture argilo-limono-sableux ou sablo-argileux. La culture du cotonnier exige beaucoup de soins, notamment l'utilisation de la fumure minérale et/ou organique, de traitements insecticides et de techniques culturales appropriées.

#### 1.3.2. Le maïs (*zea mays*)

C'est une plante annuelle à très grand développement végétatif ; son cycle varie selon les variétés.

Le système racinaire comprend des racines séminales issues du grain, des racines fasciculées prenant le relais des racines séminales et des racines d'ancrage qui permettent à la plante de bien se fixer dans le sol.

Le maïs est une plante exigeante en calcium, sensible aux variations de fertilité du sol. Il préfère les sols riches en éléments fins, en matière organique, et les sols d'une bonne structure ce qui explique que le maïs soit généralement cultivé autour des cases.

Le maïs cultivé dans les champs de brousse est accompagné de fumure minérale et/ou organique ou vient après le cotonnier dans la rotation, pour profiter des arrière-effets de la fumure du cotonnier.

### 1.3.3. Le sorgho

C'est une graminée andropogonée du genre *Sorghum*. On définit à partir de certains caractères, cinq races principales de sorgho (les races : Guinea, Durra, Caudatum, Kaffir ou Caffra, Bicolor). Le sorgho cultivé au Burkina Faso appartient essentiellement à la race Guinea (90% des sorgho locaux).

Le système racinaire est constitué par des racines adventives très puissantes. Le cycle végétatif dure 90 à 120 jours selon les variétés.

Le sorgho est une plante tolérante pour les conditions du sol avec un pH variant de 4,5 à 8. Il préfère cependant des sols ayant au moins 20% d'argile avec un bon drainage et une bonne capacité de rétention en eau.

Le sorgho est produit soit en culture pure, soit en association avec surtout les légumineuses (arachide, niébé, vandezou).

## **CHAPITRE 2 . EVOLUTION DES ETATS STRUCTURAUX DES SOLS CULTIVES : ETAT DES CONNAISSANCES**

### **INTRODUCTION**

Le sol est la formation de surface à la structure meuble, d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche-mère sous-jacente, sous l'influence de divers processus physique, chimique et biologique ( DEMOLON *et al.*, 1936).

Selon DE BLIC (1990), la structure du sol est définie par l'abondance, la taille, la configuration et la distribution des macrovides du sol. Elle peut être aussi définie comme la constitution physique du sol, exprimée par la dimension, la forme et l'arrangement des particules solides (primaires et composées) et des vides associés (Mc. KEAGUE *et al.*, 1988).

La structure est susceptible d'influencer plus ou moins fortement le développement du système racinaire et son aptitude à capter l'eau et les nutriments nécessaires au peuplement végétal. A ce sujet, PIERI (1989) écrit dans son ouvrage consacré à la fertilité des terres de Savane que : « la stabilité ou au contraire la fragilité de l'organisation structurale des sols ..., joue un rôle essentiel dans le maintien ou la détérioration du potentiel de production d'un milieu ».

Les agronomes et phytoécologues s'intéressent à la structure du sol dans la mesure où elle leur permet d'évaluer les qualités trophiques du milieu sol pour la végétation qui résultent de ses propriétés de transfert et de stockage, ainsi que des propriétés qui déterminent la croissance des organes souterrains (STENGEL, 1990).

La structure du sol et la porosité qui en est le corollaire influencent divers aspects des propriétés et du fonctionnement des sols. La structure subit en retour une action et se transforme sous l'effet des processus de fonctionnement naturels ou induits par l'homme (MOREAU, 1993).

Les sols mis en culture, dans les zones soudaniennes, sont soumis à des modifications de leurs états structuraux. Ces modifications sont, soit dues aux systèmes de culture en place, soit dues aux techniques culturales appliquées. Elles doivent pouvoir être caractérisées afin de permettre de proposer des solutions adéquates pour une agriculture plus rentable et plus durable.

## 2.1. COMMENT CARACTERISER LES ETATS STRUCTURAUX DES SOLS ?

La caractérisation des états structuraux des sols peut être effectuée, soit par une approche morphologique, par observation de profils culturaux, soit par analyse des propriétés physico-chimiques des sols ou encore la combinaison des deux procédés.

### 2.1.1. Approche morphologique

L'organisation de la partie supérieure des sols cultivés est caractérisée par une grande variabilité. L'examen du sol permet de trouver parfois des explications à des phénomènes de cette variabilité. L'observation morphologique assure une perception immédiate.

L'agronomie a donné naissance à des concepts spécifiques au nombre desquels celui du « profil cultural » : c'est l'ensemble constitué par la succession des couches de terre, individualisées par l'intervention des instruments de culture, les racines des végétaux et les facteurs naturels réagissant à ces actions (HENIN *et al.*, 1969).

La méthode du profil cultural mise au point il y a plus de trente ans (HENIN *et al.*, 1969) est une méthode d'examen diagnostique qui a été perfectionnée de façon à devenir un outil de recherche efficace pour l'étude, d'une part des relations sol/techniques culturales (MANICHON, 1982), d'autre part des relations entre état du sol et comportement des peuplements végétaux (TARDIEU et MANICHON, 1986). Cette méthode a été codifiée (GAUTRONNEAU et MANICHON, 1987) et adaptée au milieu tropical avec le souci de concilier le point de vue des agronomes et le savoir faire des pédologues (DE BLIC, 1990). Cette méthode permet ainsi de déceler les contraintes structurales des sols.

### 2.1.2. Approche physico-chimique

Cette approche sous entend l'étude des paramètres physico-chimiques qui permettent de caractériser l'état de la structure du sol.

### 2.1.2.1. Structure et développement racinaire

Dans le but de caractériser les contraintes structurales pour le développement racinaire, il est intéressant d'effectuer une cartographie simultanée des macrostructures identifiées dans le profil cultural et du système racinaire de la couverture végétale (DE BLIC, 1987 ; TARDIEU et MANICHON 1986, 1987).

Une méthode de cartographie, *in situ* du système racinaire a été développée par TARDIEU et MANICHON en vue d'établir, dans les conditions du champ cultivé, les relations entre l'état structural du sol et l'enracinement. L'objectif était d'une part de caractériser l'efficacité de l'enracinement par rapport à l'absorption d'eau et d'azote et d'autre part de diagnostiquer au champ, les conséquences des techniques culturales.

On procède à un relevé des impacts racinaires sur la face d'observation du profil en s'aidant d'une grille à maille carrée.

A partir des cartes racinaires on peut calculer un certain nombre de paramètres et d'indices caractéristiques de la géométrie du système racinaire tels que la densité, la régularité, la distribution latérale. On pourra ainsi faire des relations entre ces paramètres racinaires et les propriétés physiques des sols.

### 2.1.2.2. Structure et infiltration

Dans les régions tropicales sèches caractérisées par des pluies orageuses de forte intensité, la capacité d'infiltration du sol est un indice particulièrement pertinent de l'état structural. Elle conditionne le stock d'eau que la culture aura à sa disposition et aussi le volume d'eau amené à ruisseler, avec les risques consécutifs d'érosion.

L'infiltration du sol peut être mesurée avec des parcelles de ruissellement sous pluie naturelle (ROOSE, 1977) ou simulée (ASSELIN et VALENTIN, 1978 ; CASENAVE, 1982). Ces techniques sont lourdes à mettre en oeuvre et perturbent le milieu cultivé.

Une autre méthode est celle de type « Muntz » ou double anneaux. Apparemment plus légère, elle nécessite des quantités d'eau relativement importantes ce qui réduit son caractère « portable » en milieu réel. De plus, la méthode Muntz, en appliquant une lame d'eau à la surface du sol, modifie l'état de surface de celui-ci (VAUCLIN et CHOPART, 1992).

Une méthode récente, l'infiltrométrie multidisques, issue des travaux de SMETTEN et CLOTHIER (1989) a été testée avec succès sur le terrain en Côte d'Ivoire (VAUCLIN et CHOPART, 1992). Le système de base est constitué de trois appareils comprenant chacun un disque de diamètre différent, muni d'une membrane perméable à l'eau, et d'un réservoir d'eau en communication avec le disque. Le mode de fonctionnement des appareils et le mode de calcul des grandeurs physiques sont décrits de façon détaillée dans (VAUCLIN et CHOPART, 1992).

### 2.1.2.3. Mesure de la porosité

La compréhension des différents mécanismes qui agissent sur les caractéristiques physiques des sols cultivés passe également par une approche de leur porosité.

Le sol peut être considéré comme un ensemble de pleins (constitués par la matière solide) et de vides (occupés par l'air et l'eau). La caractérisation de ce milieu poral, conduit au concept de porosité du sol. Cette dernière se définit comme étant le rapport du volume des vides au volume total du système "plein-vide" (HENIN, 1976), soit :

$$n = \frac{V_v}{V_v + V_s}$$

avec  $V_v$  = volume des vides

$V_s$  = volume des solides

Cependant la porosité, généralement exprimée en pour cent, est obtenue par la formule:

$$n(\text{p.c.}) = 100 (1 - D_a / D_r)$$

avec  $D_a$  = densité apparente sèche du sol

$D_r$  = densité des solides ou densité réelle du sol.

D'une façon générale, les mécaniciens et les physiciens du sol parlent d'indice des vides ( $e = V_v / V_s$ ) en se référant à la seule phase des solides. L'indice des vides caractérise en effet les propriétés du matériau (OUATTARA, 1994).

L'approche du concept de porosité partagée par la communauté scientifique francophone de la science du sol, conduit à subdiviser l'espace poral du sol en macro et microporosité (STENGEL, 1979). Elle est fondée sur l'hypothèse selon laquelle, la porosité globale du sol résulte de l'assemblage de deux types de pores d'origines différentes.

- La porosité texturale ou "microporosité". Elle correspond à l'espace poral résultant uniquement de l'arrangement stérique du matériau du fait de la nature et des proportions relatives de ses particules constitutives (OUATTARA, 1994). FIES (1984) subdivise encore cette microporosité en deux compartiments :

- l'un correspond aux pores lacunaires issus du retrait à la dessiccation de la phase argileuse entre les grains du squelette sableux ;
- l'autre se rapporte aux pores internes à la phase argileuse.

La porosité texturale du matériau peut être obtenue par la formule :

$$nt \text{ (p.c.)} = 100 (1 - Dt / Dr)$$

avec Dt = densité texturale.

- La porosité structurale ou "macroporosité". Elle résulte de l'action combinée de facteurs externes (travail du sol et tassement mécanique, actions climatiques et biologiques) qui contribuent à l'édification et/ou à l'effondrement de l'architecture du sol. La porosité structurale ( $n_s$ ) peut être appréciée qualitativement au champ grâce à l'observation du profil cultural qui se révèle être plus un outil de diagnostic que de mesure de l'état physique des horizons travaillés (MANICHON, 1982). Mais en terme quantitatif, elle n'est fondamentalement définie que par la différence entre la porosité totale ( $n$ ) et la porosité texturale du matériau ( $n_t$ ) ramenée au même volume selon la relation :

$$n_s \text{ (p.c.)} = n \text{ (p.c.)} - n_t \text{ (p.c.)}$$

#### 2.1.2.4. Mesure de la stabilité structurale

La stabilité structurale est l'aptitude d'une terre à maintenir son état d'agrégation lors d'une agression par l'eau (BAIZE, 1988).

Plusieurs méthodes permettent de caractériser l'état d'agrégation des sols. Au nombre desquelles (BOYER, 1982) cite :

- la méthode « Américaine » (BLACK *et al.*, 1955) qui évalue la structure par la distribution des agrégats classés par dimension après tamisage et par évaluation des classes d'agrégats par voie humide, soit sédimentaire, soit après tamisage sous l'eau ;

- la méthode de Henin (HENIN et MONNIER, 1958 ; HENIN *et al.*, 1961) qui se caractérise essentiellement par l'utilisation d'un rapport entre, d'une part les teneurs en éléments fins et d'autre part les taux d'agrégats stables soumis à plusieurs traitements. On obtient un indice d'instabilité structurale (Is) qui permet de conclure que les sols en bon état structural auront les indices les plus faibles et les plus dégradés, les indices les plus forts ;

- les méthodes dérivées de la méthode HENIN ;

- la méthode Dabin (DABIN, 1960 et 1962) ;

et d'autres méthodes tels que les tests d'Atterberg.

Une autre méthode est utilisée au laboratoire de la physique des sols de l'INERA (Saria) : la cinétique de désagrégation du sol à l'eau. C'est une méthode de caractérisation de la stabilité structurale. Elle permet d'avoir une approche de la résistance du sol à la détachabilité et à l'effondrement de son architecture.

L'appareil utilisé a été mis au point par le laboratoire du C.N.R.S./ C.P.B. de Nancy (BLOIN *et al.*, 1990). Il constitue en fait une variante de la technique de tamisage des sols dans l'eau, généralement utilisée par les anglo-saxons (YODER, 1936). L'appareil, sur lequel sont placés des tubes-tamis de 200  $\mu\text{m}$  contenant cinq grammes de sol séché à l'air et tamisé à 2 mm, est muni d'un moteur électrique et imprime aux tamis, immergés dans de l'eau distillée, des oscillations horizontales et sinusoïdales d'une amplitude de 20 mm avec une fréquence de 1.6 Hertz (Fig.7).

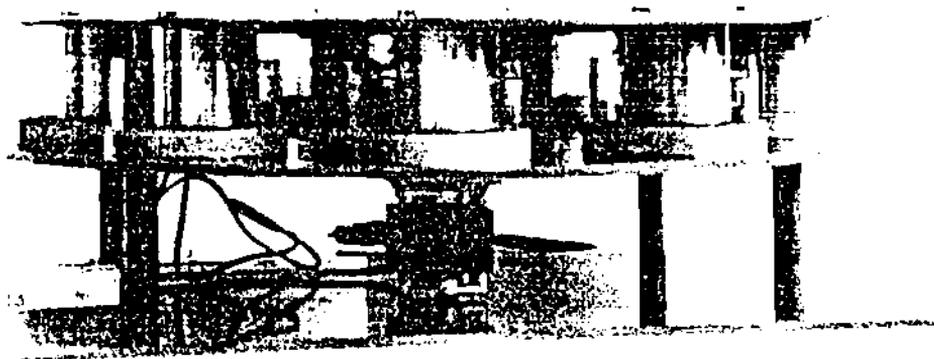
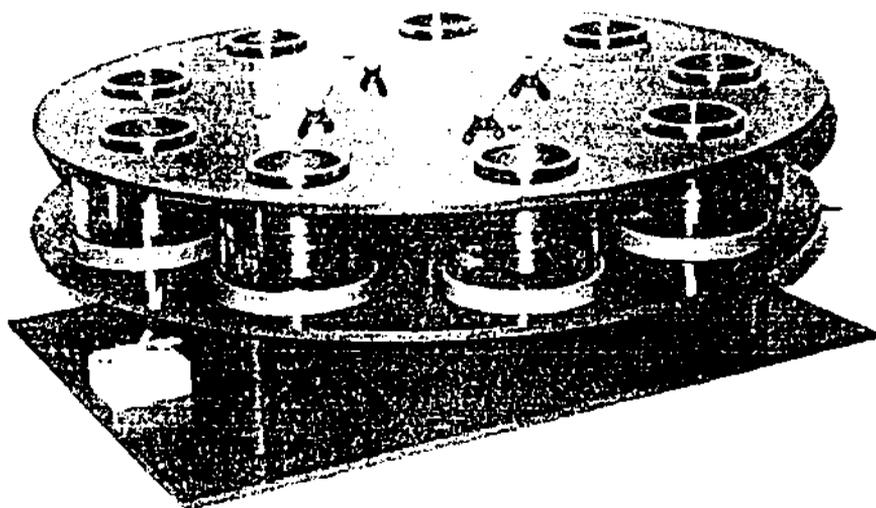
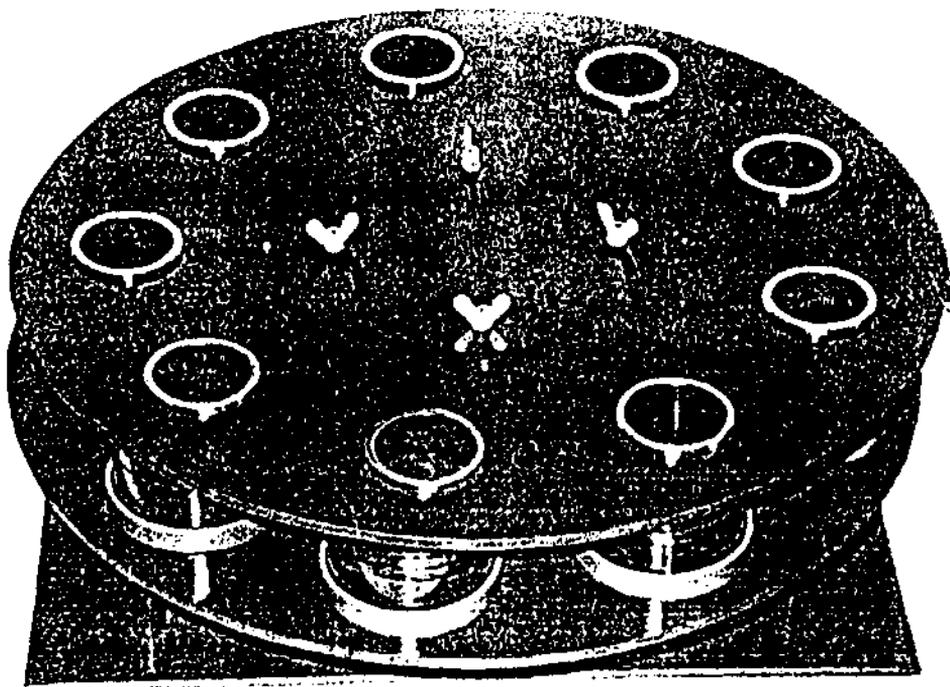


Figure 7 : Appareil de la cinétique de désagrégation des sols dans l'eau

## 2.2. EVOLUTION DES ETATS STRUCTURAUX DES SOLS SOUS L'INFLUENCE DES SYSTEMES DE CULTURE.

### 2.2.1. Evolution sous culture continue après défriche de forêt.

La destruction du couvert arboré par essartage (brûlis, abattage manuel progressif et débroussaillage) soumet le sol à de profondes modifications (PIERI, 1989). SIBAND (1972, 1974), grâce à un rigoureux échantillonnage de sites a pu étudier, en Casamance (Sénégal), l'évolution des caractères physico-chimiques d'un même type de sol cultivé de façon traditionnelle et continue pendant plusieurs périodes. Ses résultats révèlent, sur l'ensemble du profil étudié (0-60cm), l'importance considérable de la baisse du taux de matière organique du sol, consécutive à la mise en culture. Outre une certaine diminution du taux en éléments fins des horizons de surface, témoignage d'un processus érosif apparent, il constate une chute de la plupart des indices de richesse chimique des sols à toutes les profondeurs, quoique plus marquée dans les 20 premiers centimètres du sol.

HADDAD et SEGUY (1972) cités par PIERI (1989) ont montré que, dans le même milieu (Casamance), la technique traditionnelle du billonnage alterné accélérât la destruction de l'horizon de surface, naturellement soumis à l'effet dégradant des pluies violentes.

On se rend compte que le mode de culture traditionnel après défrichement, induit à brève échéance une détérioration mesurable et continue de la plupart des caractéristiques physiques, organiques et chimiques des sols. En effet, la mise en culture d'un sol provoque toujours une certaine dégradation de la structure ou, en d'autres termes, un accroissement de l'indice (Is) d'instabilité structurale (BOYER, 1982). Cette dégradation des caractéristiques structurales entraîne une augmentation de l'érosion, à la fois en quantité par accroissement des pertes en terre et en qualité par suppression de plus en plus sélective des éléments fins, support essentiel de la fertilité (QUANTIN et COMBEAU, 1963 ; MOREL et QUANTIN, 1972 ; LE BUANEC, 1972 ; ROOSE, 1967c et 1973 entre autres) cité par BOYER (1982).

Mais la détérioration de l'état structural du sol, a-t-elle une liaison avec une baisse de productivité des terres ?

FELLER et MILLEVILLE (1977) ne constatent aucune évolution régressive des rendements paysans en mil et en arachide, trois ans après un défrichement de forêt claire du Sénégal oriental, alors que l'horizon cultural des sols s'est beaucoup appauvri en matière organique (0,72% sous forêt, 0,57% trois ans après, soit une perte de 20% du stock initial), et que certains indices de comportement physique se détériorent : stabilité structurale, sensibilité à la dispersion à l'eau, pénétrabilité.

SIBAND (1972) observe en outre que les meilleures récoltes (riz pluvial) sont presque toujours obtenues dans des champs dont la durée de mise en culture après défrichement est de 5 à 15 ans.

Alors que les caractères mesurables des sols évoluent régulièrement, les rendements suivent une évolution qui paraît discontinue, marquée par un seuil d'effondrement dont les causes ne relèvent pas uniquement du seul appauvrissement organique et minéral de ces sols (PIERI, 1989).

PIERI (1989), après analyse de l'évolution des sols cultivés, observe qu'il n'y a pas de parallélisme étroit entre la dégradation régulière et continue des caractéristiques chimiques et physiques des sols en cours de culture et l'évolution de la productivité des terres. Cette évolution est marquée, semble-t-il, par des seuils faisant intervenir le degré d'enherbement des champs et l'organisation structurale de la couche de terre cultivée.

### 2.2.2. Evolution après longue période de jachère

L'effet positif des jachères sur l'amélioration de la stabilité structurale des sols tropicaux cultivés est bien établi (MOREL et QUANTIN, 1972 ; TALINEAU *et al.*, 1975 ; BOYER, 1982 ; ALBERCHT *et al.*, 1988 ; VALENTIN *et al.*, 1990 par exemple.) cités par FELLER *et al.* (1993).

ROOSE (1993) montre que sur les sols sableux et pauvres, la jachère courte (un an) ne peut améliorer la fertilité car le bilan n'est pas encore en équilibre et qu'indéniablement, la jachère longue améliore les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol.

En effet, il faut plus de quinze (15) ans de jachère pour que la fertilité des terres dégradées en zone de savanes humide se reconstitue (PIERI, 1989).

Cette observation rejoint les résultats de l'analyse très détaillée faite par CHARREAU et NICOU (1971) sur les effets de la jachère dans l'évolution du profil cultural des sols sableux et sablo-argileux de la frange septentrionale plus sèche. Ces auteurs, après avoir passé en revue les effets de la jachère sur la structure des sols, leurs caractéristiques hydrodynamiques, leurs régimes hydrique et thermique, leurs caractéristiques biochimiques, concluaient, pour des durées inférieures à 10 ans : « Il ne semble pas qu'on puisse attendre de sa seule action (jachère) une amélioration sensible des propriétés du sol et des rendements agricoles ».

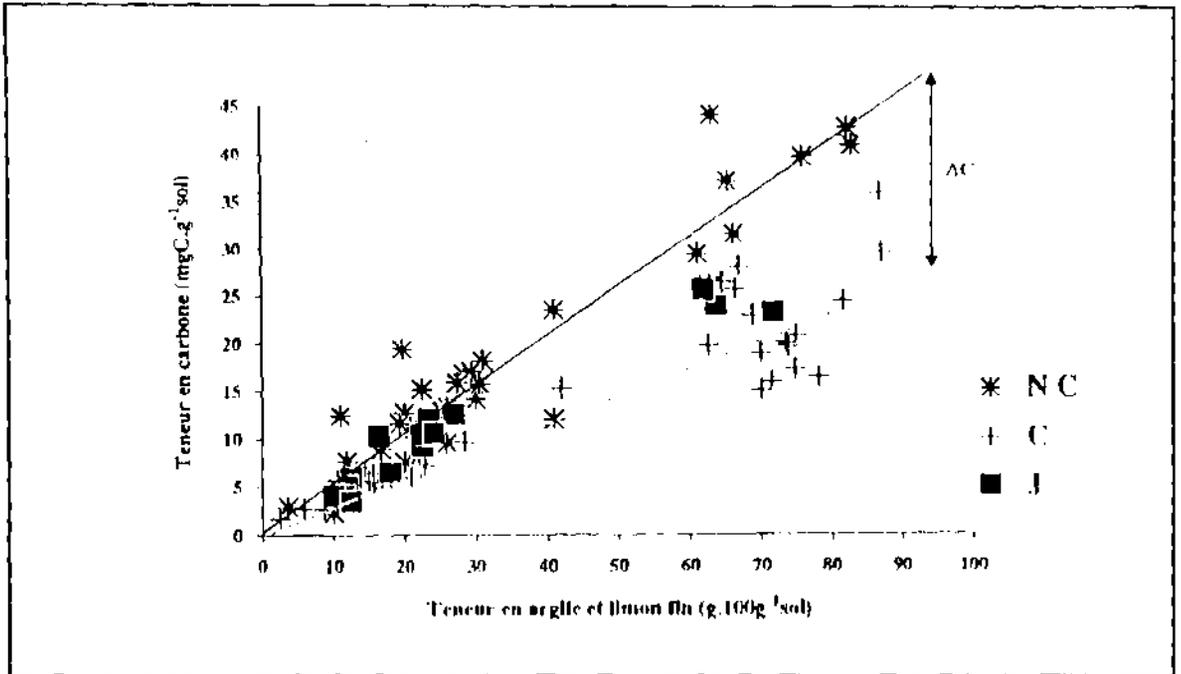
### 2.3. EVOLUTION DES CARACTERES CHIMIQUES DES SOLS SOUS L'INFLUENCE DES SYSTEMES DE CULTURE.

Les systèmes de culture provoquent de profondes modifications des caractéristiques des sols. Certaines de ces modifications sont fugaces et réversibles alors que d'autres, dues aux effets cumulatifs des systèmes de culture, affectent d'une façon permanente ce que SEBILLOTTE *et al.* (1989) appellent "les mémoires des sols".

La mise en culture entraîne une diminution des teneurs en carbone organique et azote totaux des sols sahéliens et de façon plus marquée dans la couche 0-10 cm. Elles baissent d'environ 50% dans les 10 premiers centimètres, sous culture continue sans labour ni aménagement antiérosif. Ces teneurs sont également faibles dans les jachères herbacées de 5 ans et beaucoup plus élevées dans les jachères arbustives d'au moins 15 ans (BACYE, 1993). Pour un sol sous culture continue avec labour et aménagement antiérosif, la baisse significative (seuil de 5%) des teneurs est également de 50% pour l'azote total et légèrement plus faible (40%) pour le carbone organique total selon le même auteur.

Les fortes teneurs en carbone organique et azote totaux du sol sous jachère arbustive s'expliquent par le double rôle de la végétation comme source de matière organique et comme protecteur du sol contre l'érosion. Inversement, la baisse des teneurs dans le sol cultivé peut être attribuée à une réduction des restitutions organiques limitées essentiellement à la biomasse racinaire (BACYE, 1993).

L'influence des systèmes de culture sur la dynamique de la matière organique a été également mis en évidence par FELLER *et al.* (1993) (Fig.8). Ils montrent que :



Abbréviations : NC = non cultivé (forêt, savane, jachère > 10 ans, prairies > 10 ans) ; C = cultures annuelles (avec durées jachères inférieures à 5 ans) ; J = jachères (durées comprises entre 5 ans et 10 ans).

Figure 8 : Relation entre la teneur en carbone et la teneur en argile + limon fin (0-20  $\mu\text{m}$ ) (d'après FELLER *et al.*, 1993).

- les variations de teneur en carbone ( $\Delta C$ ) selon le mode d'occupation du sol sont d'autant plus importantes que les sols sont plus argileux ;
- les diminutions des teneurs en carbone avec la mise en culture représentent en moyenne de 30 à 40 % du stock des sols "non cultivés" ;
- des variations notables de teneurs en carbone des horizons de surface par un "effet jachère" n'apparaissent que pour des durées de jachères continues d'environ 5 ans, en accord avec de nombreux travaux sur ce sujet.

Néanmoins on rencontre des teneurs élevées dans certains sols cultivés. Ceci est dû aux effets combinés du labour et de l'aménagement anti-érosif qui favoriseraient le développement racinaire (CHARREAU et NICOU, 1971 ; PIERI, 1989).

La matière organique favorise en effet le développement racinaire des cultures. C'est un agent principal de la stabilité de la structure des sols. De par sa minéralisation et son importance dans la dynamique de l'azote, elle influence directement la nutrition des plantes et les propriétés physico-chimiques des sols (SEDOGO *et al.*, 1994).

Les teneurs en bases échangeables, le phosphore total et assimilable, le pH, baissent généralement avec la mise en culture. Ces teneurs sont beaucoup plus faibles dans les sols sous culture continue que dans ceux sous jachère arbustive. SIBAND, (1972 et 1974) et (PIERI, 1989) montrent une baisse de la fertilité chimique des sols sous l'influence de la culture continue sans restitutions organiques.

Les baisses des teneurs en éléments chimiques des sols peuvent être relevées par des apports organiques (SEDOGO, 1981) cité par BACYE (1993).

Les apports organiques ont un effet favorable sur les caractères chimiques des sols. Il est d'autant plus net que les apports sont importants. En effet, les bases échangeables, le phosphore total, le phosphore assimilable et le pH augmentent d'une parcelle recevant une faible fumure organique une année sur deux ou trois, à une parcelle recevant une importante fumure organique par un parcage annuel du bétail (BACYE, 1993).

D'une façon générale, les effets des systèmes de culture sur les caractéristiques chimiques des sols sont bien marqués dans l'horizon 0-30 cm.

## 2.4. ACTION SPECIFIQUE DES SUBSTRATS ORGANIQUES SUR LES CARACTERES STRUCTURAUX DES SOLS.

Les sols agricoles du Burkina sont pauvres en matière organique dont les teneurs sont généralement inférieures à 1 pour cent (SEDOGO, 1981 ; BU.NA.SOLS, 1990). Cependant, les caractéristiques physico-chimiques des sols ferrugineux tropicaux des zones semi-arides sont telles que la matière organique apparaît comme un facteur essentiel du maintien et/ou de l'amélioration de façon durable de leur fertilité (SIBAND, 1974 ; SEDOGO *et al.*, 1994). La pauvreté en matière organique des sols, engendre une mauvaise structuration de ces sols dans les conditions naturelles. Leur structure se dégrade rapidement dès qu'ils sont mis en culture et leur porosité se referme rapidement (OUATTARA *et al.*, 1994).

Une des solutions à cette dégradation serait l'amélioration de la fertilité de ces sols en y incorporant des substrats organiques (SEDOGO, 1993).

Les substrats organiques jouent un rôle de conservation de la porosité structurale créée par les labours d'enfouissement. C'est aussi un rôle de « liant organique » dans le sol (OUATTARA *et al.*, 1994). L'apport d'azote sous forme d'urée aux substrats entraîne des variations dans la porosité du sol. Mais l'amplitude et le sens de cette variation dépendent de la nature du substrat auquel il est apporté (OUATTARA, *et al.*, 1994).

Les substrats qui diffèrent entre autre par leur aptitude à la biodégradation engendrent un environnement biologique favorable à leur décomposition rapide (SEDOGO *et al.*, 1994). On est tenté d'admettre que les produits chimiques et biochimiques issus de la biodégradation des substrats joueraient un rôle primordial dans le maintien de l'édifice structural du sol (OUATTARA, 1991).

L'apport supplémentaire d'azote contribue à accroître le statut organique des milieux ayant reçu un substrat bien décomposé (fumier par exemple). Par contre l'adjonction de l'azote consécutive aux enfouissements de paille brute entraîne des pertes en carbone et en azote du sol (SEDOGO *et al.*, 1994). Ce phénomène découlerait d'une intense activité biologique et rhizosphérique insuffisamment soutenue par ce substrat associé à l'azote (PIERI, 1989).

Que ce soit pour les cultures de cotonnier, ou de céréales, ce sont toujours les champs paysans les mieux pourvus, ou les moins pauvres en matière organique qui procurent les rendements à la fois les plus élevés et les plus stables malgré les aléas pluviométriques annuels (PIERI, 1989).

## 2.5. INFLUENCE DES TECHNIQUES CULTURALES SUR LES CARACTERISTIQUES STRUCTURALES DES SOLS.

### - Le labour

Il permet l'enfouissement des matières organiques et d'engrais, la destruction des adventices, l'incorporation des reliquats de pesticides et enfin, il a un effet sur l'état physique du sol et sur l'amélioration de la circulation de l'eau en régime saturé. Il augmente considérablement la porosité. Cette amélioration ne persiste guère au delà de la durée d'un cycle cultural et elle peut lui être considérablement inférieure (BOYER, 1982).

Le labour se traduit non seulement par une augmentation de volume de la couche de sol, mais aussi par une modification de l'organisation spatiale des phases solides et porales, qui dépend de l'état initial du sol. L'état structural initial conditionne en effet la taille de l'espace poral créé au cours du labour (COULOMB et MANICHON, 1993).

Quel que soit l'état structural du sol, la porosité du compartiment constitué par les mottes et la terre fine augmente au cours du labour modifiant le volume apparent de la couche labourée. A cet effet, COULOMB et MANICHON (1993) montrent que dans un sol non tassé, l'augmentation du volume total de l'horizon labouré ne peut être liée qu'à l'augmentation de la porosité du compartiment constitué par les mottes (dont les agrégats sont morphologiquement discernables, de rugosité importante après fragment, à porosité structurale non nulle et cohésion faible) et de la terre fine.

Lorsque l'état initial est tassé et d'aspect continu, le labour a pour fonction de modifier la taille et l'état de fissuration des mottes à la suite probablement d'un processus de division inexistant en état fragmentaire.

Lorsque l'état initial est fragmentaire, le labour a une fonction de découpe, déplacement et augmentation de la porosité entre éléments déjà individualisés, dont le calibre est peu modifié (COULOMB et MANICHON, 1993).

En comparant le statut poral des parcelles sous jachère naturelle et sous culture, il ressort que l'accroissement de la porosité sous culture provient essentiellement de l'action des labours d'enfouissement (OUATTARA *et al.*, 1994). Il est effectivement reconnu au labour son action déterminante sur l'amélioration de la porosité structurale des sols ferrugineux (CHARREAU et NICOU, 1977 ; NICOU, 1974 ; SARR, 1981) cité par OUATTARA *et al.* (1994).

Le labour peut être effectué à plat ou en billon. La particularité du labour en billon est le fait qu'il permet, en plus des modifications déjà énoncées, un bon stockage de l'eau, limitant le ruissellement, ce qui réduit les risques d'érosion.

En comparant l'effet des labours annuels sur l'état physique du sol, dans les différentes situations qu'il a étudié, (OUATTARA, 1994) arrive à mettre en évidence leur impact relativement dépressif, à long terme, sur la structuration du sol. Cela se manifeste notamment par une baisse de la porosité totale du sol, malgré des apports souvent massifs de fumier.

#### **- Le scarifiage à sec**

Selon OUATTARA (1984), il n'apporte aucune modification notable du profil cultural, mais lorsqu'il est assez profond, il favorise l'infiltration des premières pluies et son action sur le développement racinaire est limitée à la zone travaillée.

#### **- Les pratiques d'entretien des cultures**

MOREAU (1993) observe que le brûlage favorise le recyclage de la richesse minérale contenue dans la végétation, sur la défriche, par la production de cendres et la décomposition ultérieure des résidus végétaux non brûlés, si ceux-ci sont laissés sur place. Aussi observe-t-il que le défrichement traditionnel avec brûlage s'accompagne d'une importante amélioration des bases échangeables et de la réaction du sol.

Selon GUIRA (1988) l'apport de fumures exclusivement minérales entraîne une baisse des taux de matière organique dans le sol. Par contre l'apport à forte dose de fumier permet d'augmenter les teneurs en azote et en carbone du sol. Les teneurs en potassium sont également élevées sous l'influence de la fumure organo-minérale forte surtout dans les horizons profonds.

OUATTARA (1994) montre que les écarts de porosités totale et structurale induite par différents traitements agronomiques permettent également d'apprécier la contribution de la fraction des pores d'origines texturale à l'amélioration de la porosité globale du sol. Il constate que sur un essai agronomique de longue durée (33 ans), les modifications de l'espace poral du sol dues à l'apport de fumier semble porter sur une part importante de porosité texturale.

Par contre sur un essai d'étude comparative des amendements organiques (essai plus jeune, 13 ans), les écarts de porosité structurale sont plus accentués que ceux de la porosité texturale, ce qui signifierait que les modifications de l'espace poral sont surtout d'origine structurale (OUATTARA *et al.*, 1992).

## 2.6. LES RELATIONS DES PLANTES AVEC LEUR MILIEU

Les relations entre la plante et le sol s'établissent par l'intermédiaire des racines. Les facteurs favorables ou limitants du sol auront des conséquences appréciables sur la nutrition minérale de la plante (MARTIN-PERVEL *et al.*, 1984 ; PAPY, 1988 ; STENGEL, 1979) cités par KOULIBALY (1992).

Le développement des racines est conditionné par les contraintes physiques imposées par le sol et par la nécessité, pour la plante, d'explorer un volume suffisant pour lui assurer une quantité d'eau et d'éléments nécessaire à sa croissance (CALLOT *et al.*, 1982).

Pour mieux comprendre les interactions susceptibles d'exister entre le sol et la racine, il importe de connaître la nature et l'arrangement des constituants du sol en contact direct avec les parois de la racine, par l'utilisation des techniques et méthodes de micromorphologie (CALLOT *et al.*, 1982).

### 2.6.1. Le sol et la plante

Principale source d'éléments nutritifs et d'eau pour la plante, le sol présente une organisation qui n'est pas toujours favorable au développement des racines.

Dans le sol, la croissance des racines est influencée par des facteurs mécaniques et métaboliques (CALLOT *et al.*, 1982).

MAURY et RIVOIRE (1963) cités par CALLOT *et al.*, (1982) ont établi que la croissance des racines est favorisée par une texture grossière. La texture modifie la morphologie des racines et la disposition des poils absorbants sur ces dernières.

Le système racinaire, selon TARDIEU et MANICHON (1987), se développe essentiellement à travers le réseau poreux existant ou celui construit au cours de sa croissance. La porosité biologique résultant de l'action conjuguée des racines et de la mésofaune, constitue souvent le cheminement préférentiel du système racinaire car il entraîne une bonne aération du sol (SOLTNER, 1989) cité par KOULIBALY (1992). Les échanges entre racines et la phase organo-minérale du sol sont facilités dans la mesure où il n'existe pas d'obstacle entre la racine et le plasma du sol (CALLOT *et al.*, 1982).

La résistance mécanique à la pénétration et l'aération découlant de la porosité du sol ont une influence sur la colonisation du sol par les racines.

#### 2.6.2. Modifications des propriétés du sol par l'activité racinaire

Au cours de sa croissance, par simple perturbation mécanique mais aussi par émission d'excrétats racinaires (mucigel), par succion de l'eau et des éléments minéraux, par dégagement de CO<sub>2</sub> (respiration racinaire), la racine modifie continuellement son environnement immédiat (CALLOT *et al.*, 1982).

Dans une même couche de sol, le système racinaire est susceptible d'évoluer dans des microsites variés. En relation avec le régime hydrique, ces microsites conditionnent les échanges avec la phase liquide du sol et, par là même les phénomènes d'absorption des éléments par les racines (CALLOT *et al.*, 1982).

TURCHENK et OADES (1976), cités par CALLOT *et al.*, (1982), indiquent que l'adsorption de fines particules d'argile par le mucigel constitue la première étape de la formation de micro-agrégats stables autour des racines. Cette agrégation des particules argileuses soudées par le mucigel constitue une protection de la racine contre un dessèchement excessif du sol. Elle lui permet ainsi d'assurer son alimentation dans la mesure

où une partie de la phase liquide du sol peut être conservée dans ces agrégats (CALLOT *et al.*, 1982). La racine crée un pore assez rapidement en progressant à l'aide de sa coiffe.

Le système racinaire des plantes modifie continuellement l'organisation du sol ; il fragmente et désorganise les structures, transforme la porosité et l'aération. A ces actions mécaniques, s'ajoutent les modifications physico-chimiques dans la zone d'influence du rhizocylindre (CALLOT *et al.*, 1982 et KOULIBALY, 1992).

Dans certains sols, la porosité totale peut-être augmentée de 50% par simple activité du système racinaire, ce qui se traduit par des phénomènes de tassement consécutif à la croissance latérale des racines. A la mort des racines, le pore racinaire favorise l'aération du sol et augmente la macroporosité (CALLOT *et al.*, 1982).

### CONCLUSION

Les études antérieures ont ainsi montré l'influence de plusieurs facteurs sur l'état structural des sols. Notamment l'influence des systèmes de culture sur l'évolution des caractères structuraux et sur celui des caractères chimiques des sols. Ces études montrent en effet que la culture continue après défriche de forêt induisait à brève échéance une détérioration mesurable et continue de la plupart des caractéristiques physiques, organiques et chimiques des sols. Par contre la jachère, améliore ces caractéristiques mais encore faut-il que le temps de mise en jachère soit suffisamment long, car la jachère courte ne peut améliorer la fertilité d'autant plus que le bilan organo-minéral n'est pas encore en équilibre.

L'évolution de l'état structural est également influencé par le substrat organique et les pratiques culturales. Le maintien de l'édifice structural du sol dépend en effet du type de substrat organique. L'édifice structural est plus stable lorsque le substrat est bien décomposé.

Toutes les modifications du sol dues à ces différents facteurs ont un impact certain sur le développement et la croissance des végétaux. Lesquels par l'intermédiaire de leurs racines vont donc être conditionnés par les contraintes physiques imposées par le sol.

## CHAPITRE 3. PROBLEMATIQUE ET DEMARCHE

### 3.1. Problématique

L'une des caractéristiques majeures de la région de Bondoukui est sans conteste, l'afflux migratoire récent et intense et la croissance démographique. Jadis peu peuplé ( 5 habitants au km<sup>2</sup>) jusqu'à la moitié du XXème siècle, elle présente en moins de quarante ans, une densité moyenne supérieure à 20 habitants au km<sup>2</sup> (SERPANTIE et DEVINEAU, 1993). Cette densification rurale est en grande partie l'origine de la rupture de l'équilibre du système traditionnel de production basé sur l'alternance de brèves périodes de culture et de longues années de jachère.

La zone de l'étude est donc concernée par une pression démographique accentuée (migrations agricoles) conduisant à l'apparition de zones de cultures permanentes séparées par des parcours et des zones réservées, soit gérées par les services forestiers, soit exploitées en cultures itinérantes par les paysans autochtones. L'intensification des cultures entraîne des contraintes de sol pouvant compromettre l'objectif de production des paysans.

Dans le but d'identifier ces contraintes pour l'agriculture dans la région, notre diagnostic s'est fixé les objectifs suivants :

- Caractériser, par une approche morphologique et des analyses physico-chimiques, l'évolution des états structuraux des sols cultivés en fonction des systèmes de culture ;
- Identifier les contraintes des états structuraux des sols pour l'agriculture, en particulier évaluer la réponse des différentes cultures à ces états. En d'autres termes, procéder à un diagnostic de l'état de fertilité des sols cultivés.

### 3.2. Démarche

Afin d'aborder la diversité des situations de la région de Bondoukui basées sur des systèmes de culture différents, la démarche a consisté d'abord en une exploration spatiale de la zone en vue de repérer les parcelles sélectionnées pour l'étude. Les parcelles ont été classées ainsi en fonction de l'âge du champ, de la texture du sol et des systèmes de culture. Soixante quatre parcelles ont été retenues. Un suivi de l'itinéraire technique de la campagne, a été réalisé par enquête auprès des paysans.

L'approche morphologique de la caractérisation des états structuraux des sols cultivés a été faite par l'ouverture d'un profil cultural dans la zone représentative de la parcelle. Nous avons décrit ces profils en nous inspirant de la méthode de GAUTRONNEAU et MANICHON (1987). Une cartographie de ces profils a été faite (cf.annexe n°1), en suivant tous les contours afin d'avoir une carte très proche de la réalité. Après description du profil, l'enracinement a été apprécié par comptage des impacts racinaires sur le plan vertical du profil, à l'aide d'une grille à maille carrée, après dégagement des racines au couteau. Des échantillons de terre sont également prélevés pour la mesure de la densité apparente, l'humidité pondérale et la quantité de racines. D'autres échantillons ont été prélevés en période sèche pour des analyses de laboratoire. Les résultats analytiques ont été interprétés par une approche comparative en fonction des systèmes de culture.

Cette approche a permis d'aborder un certain nombre de contraintes du milieu vis-à-vis des systèmes de culture et de l'impact de ces systèmes sur le milieu. Elle est loin d'être exhaustive.

En effet certains aspects comme les bilans hydriques, la résistance à la pénétration n'ont pu être abordés pour une question de temps en ce qui concerne les bilans hydriques et pour des raisons d'erreurs d'appréciation au cours de la manipulation dans le cas de la résistance à la pénétration. Les résultats que nous avons obtenus permettent de préciser les domaines d'investigation à poursuivre.

## CHAPITRE 4. MATERIELS ET METHODES

L'organisation de la partie supérieure des sols cultivés est caractérisée par une grande variabilité spatiale et temporelle. La prise en compte de cette variabilité est souvent plus pertinente pour la compréhension des mécanismes de fonctionnement du sol que ce que l'on peut attendre de l'utilisation de moyennes statistiques.

Ce serait une erreur de sous-estimer l'importance du facteur " physique " en matière de fertilité des sols. En effet, l'alimentation de la plante dépend étroitement de son mode d'enracinement, lequel dépend des propriétés physiques du sol et des façons culturales reçues.

D'autre part la structure conditionne les flux d'air et d'eau, donc le fonctionnement propre du sol.

L'examen du sol en place dans ces diverses couches est une véritable auscultation du sol qui permet souvent de trouver une explication à des phénomènes qui resteraient incompréhensibles avec les seules analyses physiques et chimiques faites au laboratoire. L'observation morphologique assure donc une perception immédiate. D'ou l'importance de la méthode du profil cultural mise au point il y a trente ans (HENIN *et al.*, 1969).

### 4.1. Choix des parcelles

Le choix des parcelles s'est fait à partir d'une typologie établie au moyen d'enquêtes réalisées auprès des paysans (KISSOU, 1993 et OUEDRAOGO, 1994).. Cette typologie est basée sur l'âge des champs cultivés et des jachères naturelles, des systèmes de culture et de la texture des sols.

Sur le plateau où les sols sont à dominante Sablo-limoneuse, la classification des systèmes de culture a permis d'identifier principalement deux grands types :

- les cultures permanentes strictes (de plus de 20 ans) à rotation céréalières ou légumineuses et courtes jachères ;
- les cultures réalisées sur défriche de jachère longue qui sont soit des rotations céréalières, soit des rotations à base coton.

Les rotations céréalières s'observent souvent après des jachères de 10 ans, sur les sols sableux et les rotations à base coton s'observent après des jachères de 20 ans, sur les sols les plus limoneux. Parmi ces cultures réalisées sur défriche, il existe les parcelles récemment défrichées d'âges inférieurs à 5 ans et des parcelles plus âgées (âges compris entre 5 et 10 ans).

Néanmoins, un troisième type apparaissant comme situation intermédiaire a été identifié mais non classé. Il s'agit des cultures d'âges compris entre les parcelles plus âgées des cultures sur défriche et les cultures permanentes strictes.

Sur le bas-glacis où les sols sont plus argileux et sont habituellement cultivés plus longtemps, l'état vieille jachère a été considéré comme une origine pour toutes les parcelles. Les parcelles ont été alors classées en fonction de la durée de mise en culture :

- les parcelles récemment défrichées (0-5 ans)
- les parcelles de culture considéré comme pionnières dont l'âge est compris entre 5 et 10 ans. Elles sont effectuées aussi bien par les nouveaux migrants sur les sols marginaux que par les anciens sur leurs dernières réserves de vieilles jachères ;
- les parcelles de position intermédiaire (entrant en culture permanente) entre les cultures pionnières et celles permanentes. La durée de mise en culture est comprise entre 10 et 20 ans ;
- les parcelles en culture permanente de durée de mise en culture supérieure à 20 ans. Certaines d'entre elles, ont connu des jachères courtes au cours de leur cycle.

Les parcelles retenues pour notre étude et classées en 1993 et 1994, sont des parcelles de culture sur longues jachères (âge supérieur à 20 ans). En 1996, une autre classification complète la typologie. Il s'agit du système 10 ans de culture sur 10 ans de jachère (système 10/10) sur lequel on trouve les défriches récentes dont la durée de mise en culture est inférieure à 5 ans et les cultures dites pionnières de durée de mise en culture comprise entre 5 et 10 ans.

D'autre part, la pratique du labour n'est pas générale dans la région. Il est rare de trouver des parcelles labourées tous les ans, mais il en existe qui sont fréquemment labourées avant semis. Ce sont généralement des parcelles à rotation coton/maïs. Par contre, il n'existe pas de parcelles « jamais labourées », mais des parcelles occasionnellement labourées. Ce sont

des parcelles à rotation céréalières. En effet même les paysans ne possédant pas de charrue profitent de celle de leurs relations, ou labourent à la main ( houe à billonner ).

Pour prendre en compte d'éventuels effets cumulatifs du labour, on classera les parcelles en deux groupes : les parcelles à travail du sol préalable ( annuel ) avant semis et les parcelles à labour occasionnel ( Tableau n°1 ).

Les jachères sont également choisies en fonction de leur âge et sont regroupées dans le tableau n°2.

Tableau n° 1. Typologie des champs cultivés

Culture sur longue jachère > 20 ans													Cultures sur système 10 / 10					
système de culture	nouvelles défriches (< 5 ans)		cultures « pionnières » (5-10 ans)			cultures « intermédiaires » (10-20 ans)			cultures permanents (>20ans)					nouvelles défriches (< 5 ans)		cultures « pionnières » (5-10 ans)		
									avec C-J			sans C-J						
Texture	L	SL	L	LS	SL	L	LS	SL	L	LS	SL	L	LS	L	LS	L	LS	SL
parcelles occasionnelles	4	59	3	13	60	1	21	9	7	30		5	17	27	38	25	48	61
travaillées avant semis			12	44		2	22	56	10	31		6	28	37	54	26	49	62
			14			18	50	57	29			8	47		55		63	64
			15			23		58				11						
			16			24						45						
			19			46												
			20															
			43															
parcelles annuellement travaillées avant semis							32			33	51		34					
							39			35	52		36					
							40			42	53		41					

Tableau n° 2. Typologie des jachères

Système	Jeunes jachères < 10 ans			Jachères âgées (Duiré) > 30 ans		
Texture	L	LS	SL	L	LS	SL
Parcelles	C	D	A	B	E	K
	H	F		J		
	I	G				

#### 4.2. Itinéraires techniques

Un itinéraire technique est une suite logique et ordonnée de techniques culturales appliquées à une espèce végétale cultivée (SEBILLOTE cité par KISSOU, 1994). Les enquêtes d'itinéraire technique sont basées sur :

- les dates et durées de l'enchaînement des différentes interventions culturales : préparation du champ, labour, semis, traitement herbicides, sarclages, fertilisation, buttage, traitement pesticides, récolte ;
- les états du peuplement végétal et du milieu avant et après les interventions ;
- le mode de travail et les outils utilisés.

Ces enquêtes ont concerné trois cultures (coton, maïs, sorgho) pour permettre la comparaison des contraintes liées à ces trois types de culture.

A l'aide de stations météorologiques installées par l'ORSTOM, des données climatologiques ont été recueillies sur les deux zones d'étude (plateau et bas-glacis).

#### 4.3. Emplacement des profils

L'emplacement des profils a été décidé après entretien avec le propriétaire de la parcelle et localisation de zones homogènes et représentatives de l'ensemble de la parcelle du point de vue "levée de la culture". Un seul profil a été réalisé par parcelle. Au total 64 profils ont été ouverts au cours de cette étude.

#### 4.4. Description des profils

Le profil cultural est l'ensemble constitué par la succession des couches de terre individualisées par l'intervention des instruments de culture, les racines des végétaux et les facteurs naturels réagissant à ces actions (HENIN *et al.*, 1969).

La méthode de description est basée sur celle décrite dans «Guide méthodologique du profil cultural» (GAUTRONNEAU et MANICHON, 1987).

Après le choix de l'emplacement du profil, une fosse a été ouverte, à l'aide d'une pioche et d'une pelle, à cheval sur deux lignes de semis. La fosse a été creusée à 2 cm des poquets jusqu'à la profondeur de l'enracinement (100-120 cm).

Une cartographie précise des limites du profil a été réalisée grâce à une grille de maille carrée (cf.annexe n°1). Après avoir identifié les différents horizons pédologiques, il a été procédé sur chacun d'eux à la localisation de zones homogènes sur la base du simple critère de l'enracinement, le critère structural étant très peu différencié latéralement. Au niveau de ces zones dites homogènes, une description a été effectuée à l'aide de fiches (cf. Annexe n°2). La description a porté d'abord sur l'état du peuplement, la couleur des horizons, déterminée à l'aide du CODE MUNSELL (1975), la texture, les éléments grossiers (taches et concrétions), l'hétérogénéité latérale des horizons et la nature de leur limite sous-jacente. Ensuite sur chaque zone homogène, la structure, la porosité, l'humidité, la densité racinaire et la morphologie des racines, l'activité biologique, la compacité à l'aide du couteau, la consistance par la méthode tactile, ont été appréciés.

#### 4.5. Caractérisation de l'enracinement

L'enracinement a été particulièrement pris en compte, après description du profil, par comptage des racines sur grille.

Le comptage d'impacts racinaires sur un plan vertical constitué par la paroi d'une tranchée est une technique mise au point par OHM (1979) et adaptée par TARDIEU et MANICHON (1986) d'une part et d'autre part par CHOPART (1989). Elle vise à évaluer la distribution et les gradients en fonction des distances verticales et horizontales par rapport au pied (N'CHO BADOU, 1991).

Sur la paroi verticale du profil ouvert à l'un du collet, on dégage l'extrémité des racines à l'aide d'un couteau en acier. On applique ensuite un cadre carré de 50 cm de côté, comportant un maillage de 5 cm de côté, soutenu par des pointes.

On compte ainsi le nombre d'impacts racinaires dans chacune des mailles de la grille ainsi constituée. On arrête le comptage à la profondeur où l'on n'observe plus de racines ; ce qui correspond au front racinaire.

Cette méthode, bien que permettant d'apprécier le degré d'exploration racinaire, ne peut renseigner directement sur la longueur racinaire étant donné que celle-ci dépend du degré d'anisotropie qui n'est pas connu a priori. Les racines présentent en outre une certaine tortuosité qu'il faut prendre en compte.

#### **4.6. Prélèvement des échantillons de sol**

##### **4.6.1. Échantillons de densité apparente**

La méthodologie suivie est celle du cylindre qui consiste à utiliser un cylindre métallique démontable de 150 cm<sup>3</sup>. On enfonce verticalement le cylindre, à l'aide d'un marteau et d'une planche posée sur le cylindre. On retire le cylindre rempli de terre que l'on démonte, égalise les 2 bords à l'aide du couteau pour obtenir un volume de terre non perturbée égal à 150 ml. On récupère les échantillons dans des boîtes à humidité numérotées et hermétiquement fermées par du scotch. On effectue 3 répétitions par zone. Les échantillons sont pesés en humide (poids frais), séchés à l'étuve à 105°C pendant 24 h, refroidi puis pesés à nouveau (poids sec).

##### **4.6.2. Échantillons pour analyses physico-chimiques**

Sur chaque parcelle, 6 sites de prélèvement sont choisis de manière aléatoire. Au niveau de chaque site on creuse une petite tranchée de 40 cm de profondeur, à l'aide d'une pioche. On utilise une daba pour faire des prélèvements de terre à des profondeurs de 0-10 cm et 10-20 cm. Pour chaque profondeur on obtient, après mélange, des échantillons composites récupérés dans des sachets pour les analyses au laboratoire. En somme, on a deux échantillons composites par parcelle.

#### 4.7. Méthodes d'étude physique

La cinétique de désagrégation à l'eau et la densité réelle ont été réalisées au laboratoire de la physique des sols de l'INERA à Saria.

##### 4.7.1. La densitométrie

La masse volumique sèche du sol en place est déterminée par le rapport poids sec de terre prélevée (P) sur le volume correspondant (V) :

$$D_a = P/V \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

$D_a$  : densité apparente

La densité réelle est la masse de terre sèche par unité de volume de terre exempte d'air. Sa détermination est basée sur le volume de particules contenues dans un poids connu de terre séchée à l'étuve qu'on obtient en mesurant le poids d'un liquide de densité connue, déplacé par ces particules.

La méthode de détermination est celle du picnomètre selon le principe développé par BLAKE (1965).

Une fiole jaugée de 50 ml, de poids  $m_1$  est remplie d'eau distillée. L'ensemble (fiole + eau) est pesé ( $m_2$ ). Vidée de son contenu et séchée, on y introduit environ 15 g de sol séché à l'étuve et l'on pèse ( $m_3$ ). La fiole contenant le sol est ensuite remplie d'eau dégazée (au trois quarts) et portée en ébullition pendant 30 mn sur plaque chauffante. Après refroidissement, elle est complétée jusqu'au trait de jauge avec de l'eau dégazée et pesée ( $m_4$ ).

La température de l'eau dans la fiole est prise à chaque fois.

La densité réelle du sol est obtenue par la formule :

$$D_r = \frac{m_3 - m_1}{\frac{(m_2 - m_1)}{d_1} - \frac{(m_4 - m_3)}{d_2}}$$

avec  $d_1$  et  $d_2$ , la densité de l'eau aux températures de l'eau dans la fiole.

#### 4.7.2. La porosité

Elle est estimée à partir de la densité apparente et de la densité réelle. La formule de calcul est donnée à la page 21.

#### 4.7.3. La cinétique de désagrégation du sol à l'eau

Les stabilités structurales des sols, leur résistance à la détachabilité et à la destruction, conditionnent les possibilités d'enracinement, la pénétration de l'air et de l'eau. De ce fait, elles conditionnent la résistance des sols au tassement et à l'érosion, l'activité bactérienne et la croissance végétale.

Il est tout à fait nécessaire d'essayer de mesurer de façon simple et fiable ces stabilités structurales si l'on veut déboucher, à terme, sur des solutions appliquées d'amélioration de la fertilité des sols. La méthodologie appliquée à cette étude, un prototype de désagrégation des sols dans l'eau (BLOIN et al., 1990), est une variante de la technique de YODER (1936). Elle consiste à prélever 5 grammes de sol (P) tamisé à 2 mm (mise d'essai), dans 9 tamis de 200  $\mu\text{m}$ .

Les prises d'essai sont effectuées sur le plateau supérieur d'un appareil électrique à oscillations horizontales et sinusoïdales (mis au point par le laboratoire du C.N.R.S./C.P.B. de Nancy), ayant sur son plateau inférieur 9 boîtes plastiques contenant 200 ml d'eau distillée. L'appareil de tamisage est arrêté au temps voulu. Les tamis retirés sont placés sur du papier buvard pour ressuyage. Les agrégats sont alors récupérés après ressuyage dans des béchers de 75 ml, à l'aide d'un pinceau et de l'eau distillée. Les surnageants sont éliminés et les agrégats (Ag) séchés à l'étuve à 105°C (au moins 2 h), sont pesés ( $P_1$ ). La matière organique est détruite par addition d'eau oxygénée ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) et chauffée sur plaque. L'addition de quelques gouttes d'hexamétaphosphate ( $\text{NaPO}_3$ ) permet de disperser les agrégats qui sont lavés sur un tamis de 200 $\mu\text{m}$  de façon à obtenir le poids des sables grossier après séchage, soit  $P_2$ .

La teneur en agrégats stables à l'eau (Ag), durant un temps de tamisage (t), exprimée en pourcentage du sol total, est donnée par la formule suivante :

$$\text{Ag} (\%) = [(P_1 - P_2)/P] \times 10$$

On peut ainsi établir une cinétique de désagrégation à l'eau en suivant la teneur des agrégats stables en fonction du temps (10 mn, 20 mn, 40 mn, 1h, 2h, 4h, 8h, 16h, 20h...).

La cinétique de désagrégation obéit généralement à une loi puissance selon la forme :

$$Ag ( p.c. ) = t^{-D}$$

où  $t$  = temps de tamisage

$D = \text{Log } Ag / \text{Log } t$  représente un paramètre synthétique qui permet de caractériser l'ensemble de la cinétique de désagrégation.

La quantité d'agrégats stables à l'eau obtenir au bout d'une heure de tamisage standardisé dans l'eau peut être considérée comme un test de stabilité structurale du sol.

#### 4.8. Les méthodes d'analyses chimiques

Les échantillons de terre prélevés pour les analyses des propriétés physico-chimiques sont transportés au laboratoire de l'ORSTOM à Bobo Dioulasso où ils sont tamisés à 2 mm et conditionnés dans des sachets-plastiques. Le refus dans un échantillon de 1 kg a été récupéré et pesé.

Des échantillons tamisés de 250 g ont été envoyés dans le laboratoire CIRAD de Montpellier pour les analyses de granulométrie, du carbone, de l'azote totale et des bases échangeables.

- l'analyse granulométrique (à 5 fractions) est réalisée selon la méthode internationale adaptée à la pipette ROBINSON. Elle s'effectue sur la terre fine ( $< 2$  mm) et permet de déterminer le pourcentage des particules minérales après prétraitement, broyage, destruction des carbonates à l'acide et floculation au sel de sodium. Les argiles et limons sont séparés à l'aide de la pipette ROBINSON, les sables sont obtenus avec des tamis de 50  $\mu\text{m}$ . Les 5 fractions sont :

sable grossier (200  $\mu\text{m}$  à 2 mm), sable fin (50 à 200  $\mu\text{m}$ ), limon grossier (20 à 50  $\mu\text{m}$ ), limon fin (2 à 20  $\mu\text{m}$ ), argile granulométrique ( $< 2$   $\mu\text{m}$ ).

- la matière organique est déterminée selon la méthode WALKEY-BLACK. Le carbone organique est oxydé en milieu sulfurique par le bichromate de potassium en excès. Cette oxydation étant incomplète ( en moyenne 75% ), les résultats obtenus sont corrigés en les multipliant par le rapport 100/75. Pour passer du taux de carbone au taux de matière organique totale, on utilise un coefficient multiplicateur 1.724. Ce coefficient vient du fait que l'on estime que la matière organique du sol sous culture contient en moyenne 58% de carbone.

$$\% \text{ MO} = \% \text{ C} \times 1.724$$

- l'azote total est dosé par la méthode KJELDAHL par attaque de la matière organique par l'acide sulfurique. L'azote organique se minéralise et passe à l'état ammoniacal sous forme de sulfate d'ammonium  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

- le phosphore assimilable est dosé selon la méthode OLSEN-DABIN.

- les bases échangeables et la capacité d'échange cationique sont dosées selon la méthode cobaltihexamine.

#### 4.9. Composantes du rendement

L'analyse des composantes du rendement permet de mieux détecter des problèmes particuliers liés à certaines phases du cycle de la culture, problèmes qui peuvent être d'ordre hydrique, nutritionnel ou lié au parasitisme.

L'analyse des rendements en une seule saison ne suffit certes pas à juger des performances d'un système mais donnera de nombreuses indications.

La formule de calcul appliquée pour une céréale par exemple est la suivante :

$\text{Rdt} = \text{nbre de pieds/ha} \times \text{nbre d'épis/pied} \times \text{nbre de grains/épi} \times \text{poids de 1000 grains}$
---

Le protocole de récolte de la parcelle pour la détermination des composantes du rendement a pris en compte la variabilité spatiale de la parcelle.

La méthode appliquée pour établir le rendement moyen parcellaire a consisté à la division de la parcelle, selon sa forme et sa superficie, en quatre cadrans. Au niveau de chaque cadran, on positionne de manière aléatoire, par jet de projectile, trois placettes de 7 m<sup>2</sup>.

C'est sur cette placette que se font les mesures : les comptages du nombre de pieds; du nombre d'épis ( ou capsules pour le coton); décorticages et comptages détaillés au laboratoire ( cf. fiche de récolte en annexe n°3).

Le problème majeur de l'enquête agronomique en milieu paysan est la grande diversité génétique exploitée qui rend difficile les comparaisons interparcellaires des composantes du rendement.

#### 4.10. Traitement des données

Le dépouillement des fiches de profil, a été effectué de la façon suivante :

Le calcul de l'épaisseur moyenne des horizons a été effectué en utilisant la méthode du comptage des intersections des carrés de la grille. Le nombre d'intersections est multiplié par la surface du carré de la maille (5 x 5 cm). On obtient ainsi la surface de l'horizon. Cette surface divisée par la largeur du profil donne l'épaisseur équivalente de l'horizon.

La hauteur de buttage est obtenue en mesurant la distance entre le sommet de la butte et le fond de celle-ci.

Le nombre de loges de termite est obtenu par comptage systématique des loges sur la surface du profil, ramené à un mètre carré de surface. Il en est de même pour le nombre de galeries d'anciennes racines d'arbres. Ils sont corrélés avec le taux d'argile obtenu après analyse des sols.

L'appréciation sur le terrain, de la structure, la densité racinaire, la compacité, la consistance, la porosité, la nature de la limite de l'horizon sous-jacent et d'autres paramètres ont été codifiés.

Le taux d'exploration racinaire a été obtenu en faisant le rapport entre la surface de l'horizon explorée par les racines et la surface totale de l'horizon. La surface explorée est calculée par comptage des carrés contenant des racines, en se donnant pour limite au niveau de l'horizon travaillé des carrés de deux racines et plus ; au niveau des horizons sous-jacents, ceux d'une racine et plus.

La profondeur d'enracinement est déterminée en considérant la distance entre le pied de la plante et le front d'enracinement.

#### **4.11. Interprétation des résultats**

L'interprétation des résultats du présent mémoire se fera par une analyse comparative d'une part, de l'effet des systèmes de culture sur les caractères morphologiques, physiques et chimiques des sols et d'autre part, de l'influence des techniques culturales sur les mêmes caractères.

**DEUXIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS**

**- CARACTERISATION DES ÉTAT STRUCTURAUX DES SOLS CULTIVES**

**- INFLUENCE DES FACTEURS DU MILIEU SUR LE DÉVELOPPEMENT DES CULTURES (exemple du maïs)**



## **CHAPITRE 5. CARACTERISATION DES ETATS STRUCTURAUX DES SOLS CULTIVES**

L'état d'agrégation du sol est un facteur qui conditionne pour une bonne partie la productivité des terres. Cet état s'apprécie, à travers l'organisation spatiale des particules constitutives du sol, par l'analyse et la quantification de l'intensité des liaisons qui existent entre ces particules constitutives, en passant par leur stabilité à la désagrégation, l'espace poral du sol qui permet une bonne croissance juvénile de la culture en favorisant la dynamique de son enracinement (MAERTENS, 1964 ; NICOU, 1969 ; TARDIEU, 1990) cités par OUATTARA (1994).

Dans cette perspective, nous analyserons l'influence des systèmes de cultures d'une part sur la stabilité structurale du sol soumis à un tamisage standardisé dans l'eau, sur le statut poral du sol qui joue un rôle important sur l'aération et la circulation des eaux dans le sol et quelques caractéristiques de la fertilité chimique des sols.

### **5.1. LA GRANULOMETRIE**

Les parcelles des champs cultivés et des jachères étudiées sont classées en fonction de la texture de leur sol.

Le diagramme textural selon les normes USDA (fig.9) permet de classer les sols sous culture en trois classes principales de texture. Nous retrouvons ainsi la classe de texture limoneuse (elle associe également les sols à texture plutôt limono-argileuse), celle limono-sableuse et enfin la classe sablo-limoneuse. On constate à partir de ce classement que tous les sols du plateau pris en compte dans la présente étude, sont à texture sablo-limoneuse. Seuls les sols du bas-glacis sont limoneux ou limono-sableux. En outre, les sols du plateau ont un taux d'argile faible inférieur à 10 % tandis que ceux du bas-glacis ont un taux d'argile compris entre 15 et 30 % avec les plus forts taux (30 %) dans les sols de bas-fonds. Le rôle d'adsorption que joue l'argile sur la matière organique et les éléments nutritifs des plantes, nous permet de prévoir que les sols du bas-glacis seront mieux pourvus en éléments favorables à la croissance et la productivité des plantes.

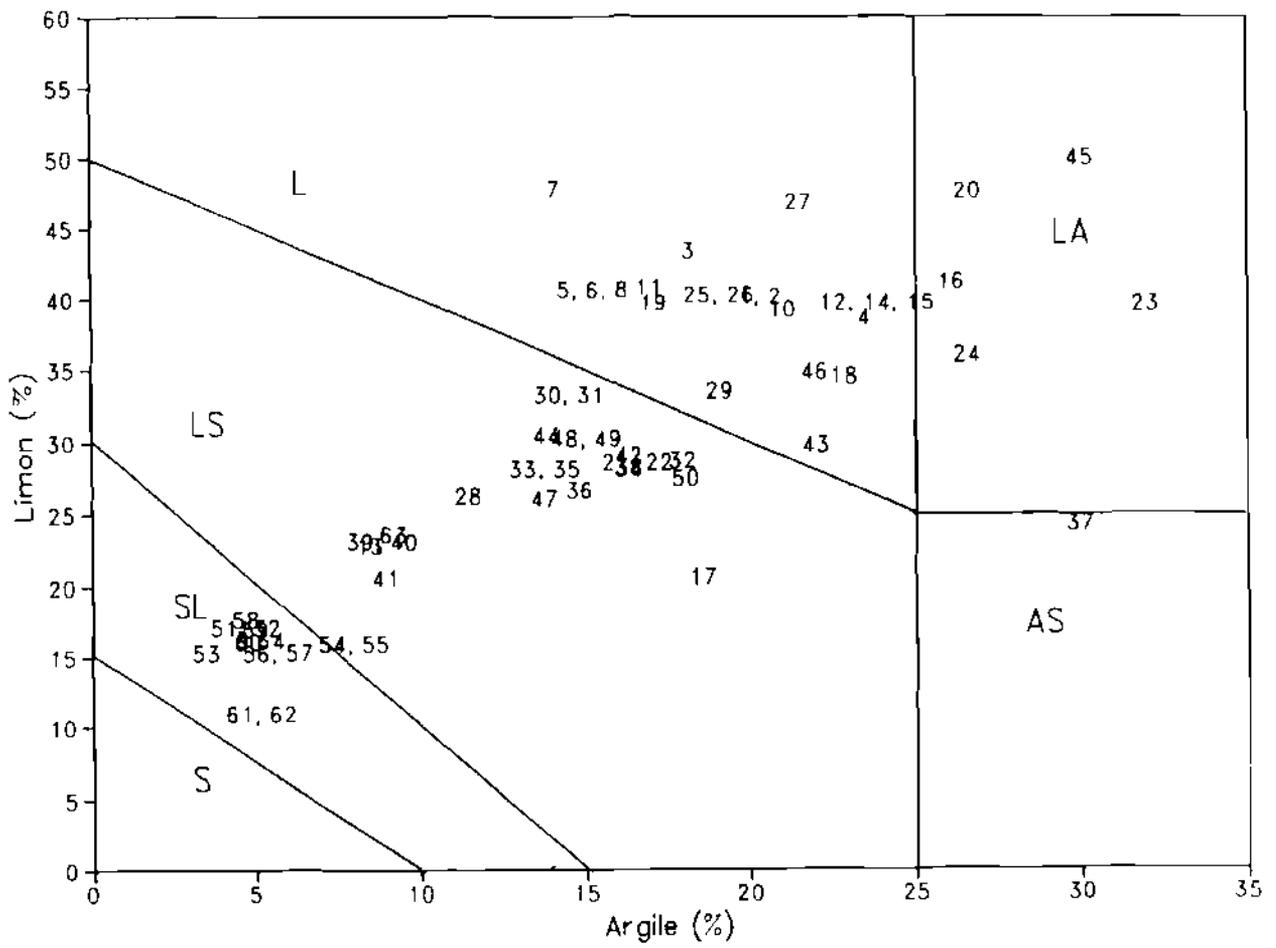


Figure 9 : Diagramme textural des champs cultivés (Normes USDA)

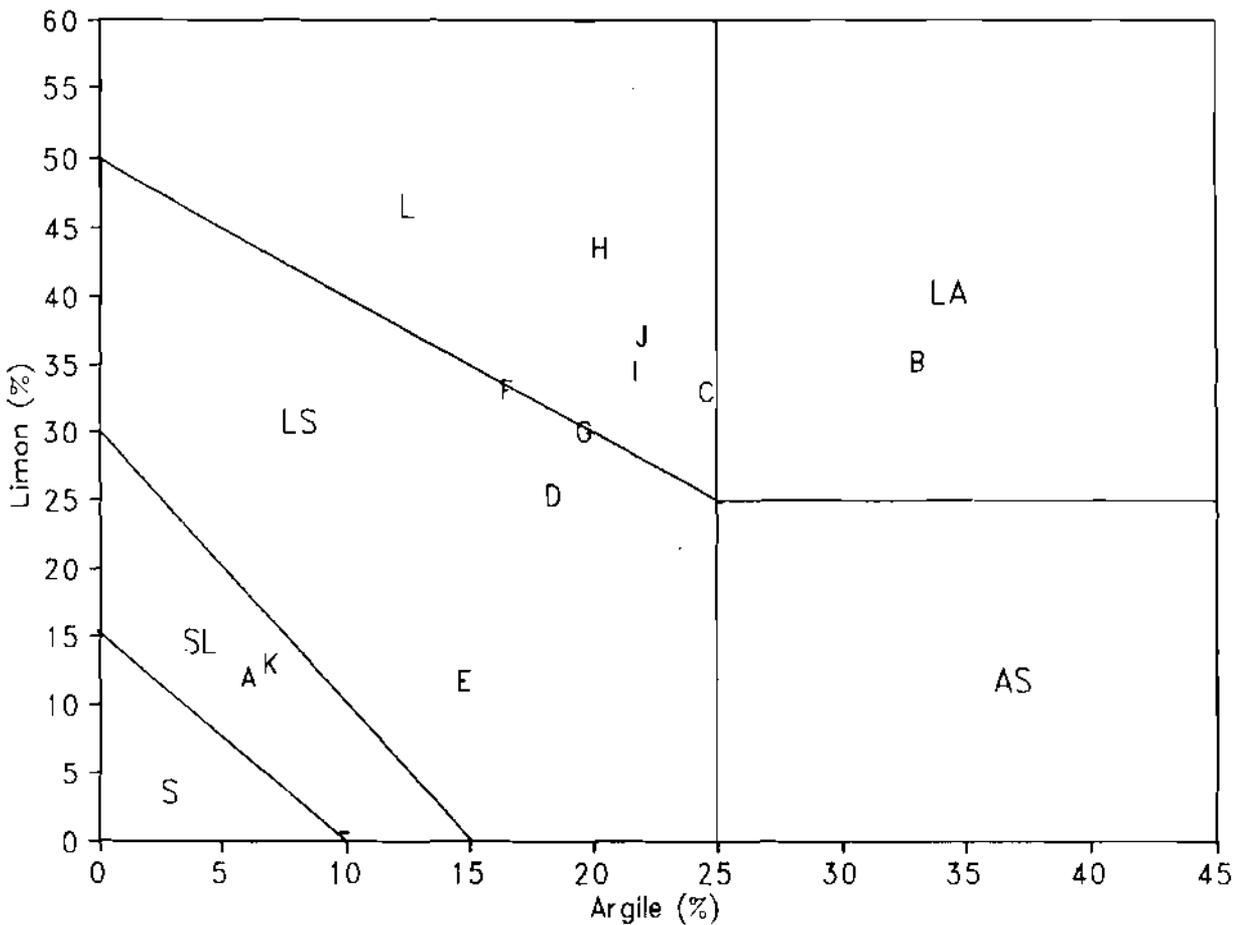


Figure 10 : Diagramme textural des sols sous jachère (Normes USDA).

La figure 10, montre la classification des jachères en trois groupes de texture également. Les sols des jachères du plateau sont de texture sablo-limoneux (parcelles A et K) avec un taux d'argile faible (inférieur à 10%) tandis que les autres jachères (bas-glacis) sont de texture limoneuse ou limono-sableuse avec des taux d'argile compris entre 15 et 33%.

Que ce soit dans les champs cultivés ou dans les jachères, nous pouvons *a priori*, différencier le plateau du bas-glacis du point de vue de la texture des sols. Ces derniers sont sablo-limoneux sur le plateau avec un taux d'argile faible, alors qu'ils sont limoneux ou limono-sableux dans le bas-glacis et ont des taux d'argile assez élevés.

## 5.2. LA STABILITE STRUCTURALE DES SOLS A L'EAU

BLOIN *et al.* (1990) ont mis au point une technique qui permet de réaliser un tamisage du sol à l'eau pour obtenir la teneur en agrégats stables, après un temps de tamisage désiré. Utilisant le même dispositif, nous avons soumis nos échantillons de sol à un tamisage durant une heure (avec 3 répétitions par mesure). Les erreurs expérimentales ont varié entre 4 et 13 pour cent.

Les résultats obtenus montrent que le taux d'agrégats stables à l'eau est fonction du type de sol et des systèmes de culture. Lorsque l'on étudie l'état d'agrégation des sols échantillonnés, on se rend compte que l'horizon supérieur (0-10 cm) a un taux d'agrégats stables toujours plus faible que l'horizon sous jacent (10-20 cm). Cette situation est bien sûr liée, comme on le verra, aux teneurs en argile, qui sont plus élevées sur l'horizon de profondeur. La relation qui existe entre les taux d'agrégats de ces deux horizons suit une droite d'équation :

$$\text{Ag}\% (10-20 \text{ cm}) = 1,73 \text{ Ag}\% (0-10 \text{ cm}) - 0,64 \quad (r^2 = 0,80)$$

pour les parcelles de culture ( Fig.11 ) et

$$\text{Ag}\% ( 10-20 \text{ cm}) = 1,24 \text{ Ag}\% (0-10 \text{ cm} ) + 5,15 \quad (r^2 = 0,75)$$

pour les sols de jachère (fig.12) ; ce qui permet d'utiliser le taux d'agrégats stables moyen (horizon 0-20 cm) dans les analyses suivantes.

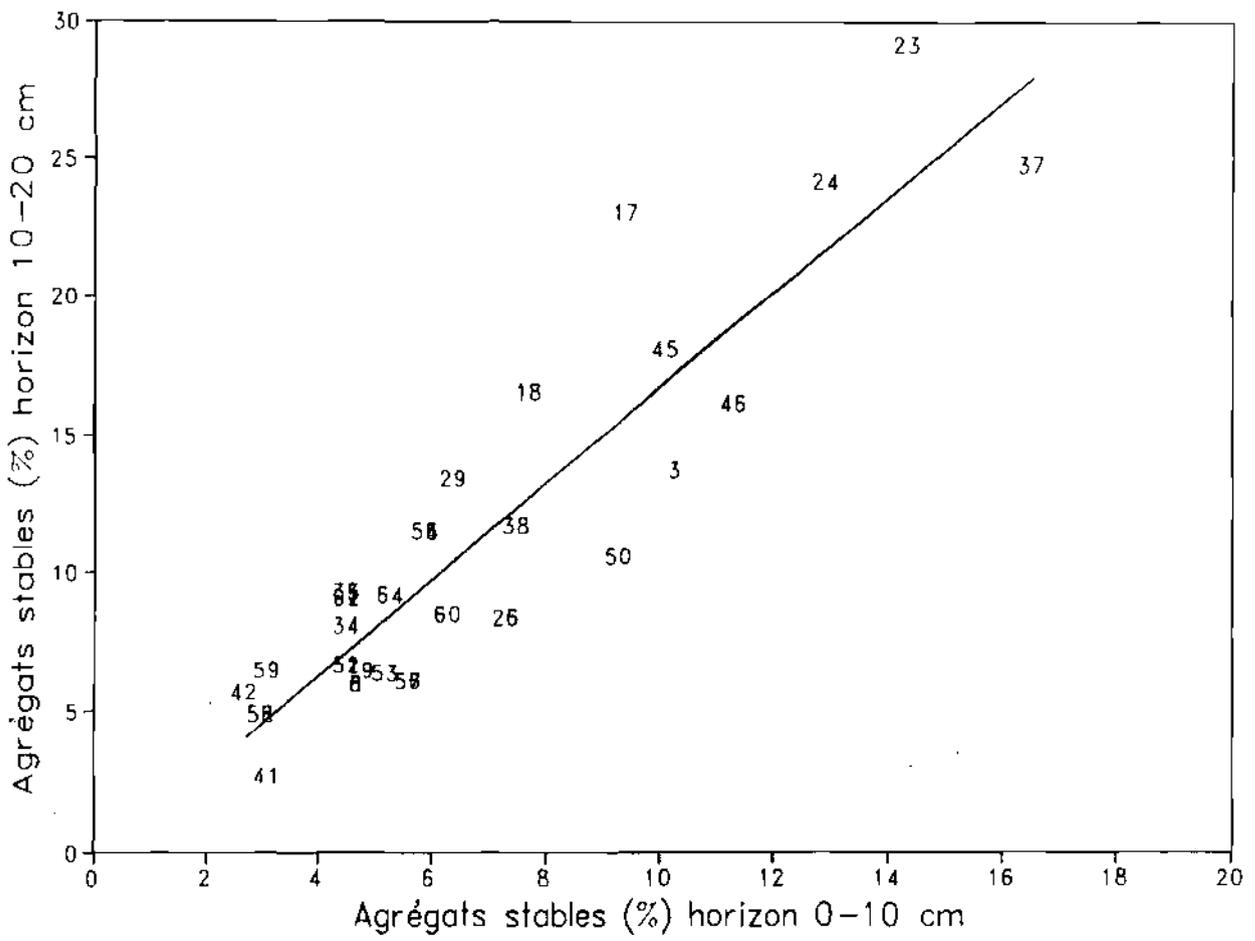


Figure 11 : Relation entre les taux d'agrégats stables de l'horizon de surface et ceux de la profondeur dans les champs cultivés.

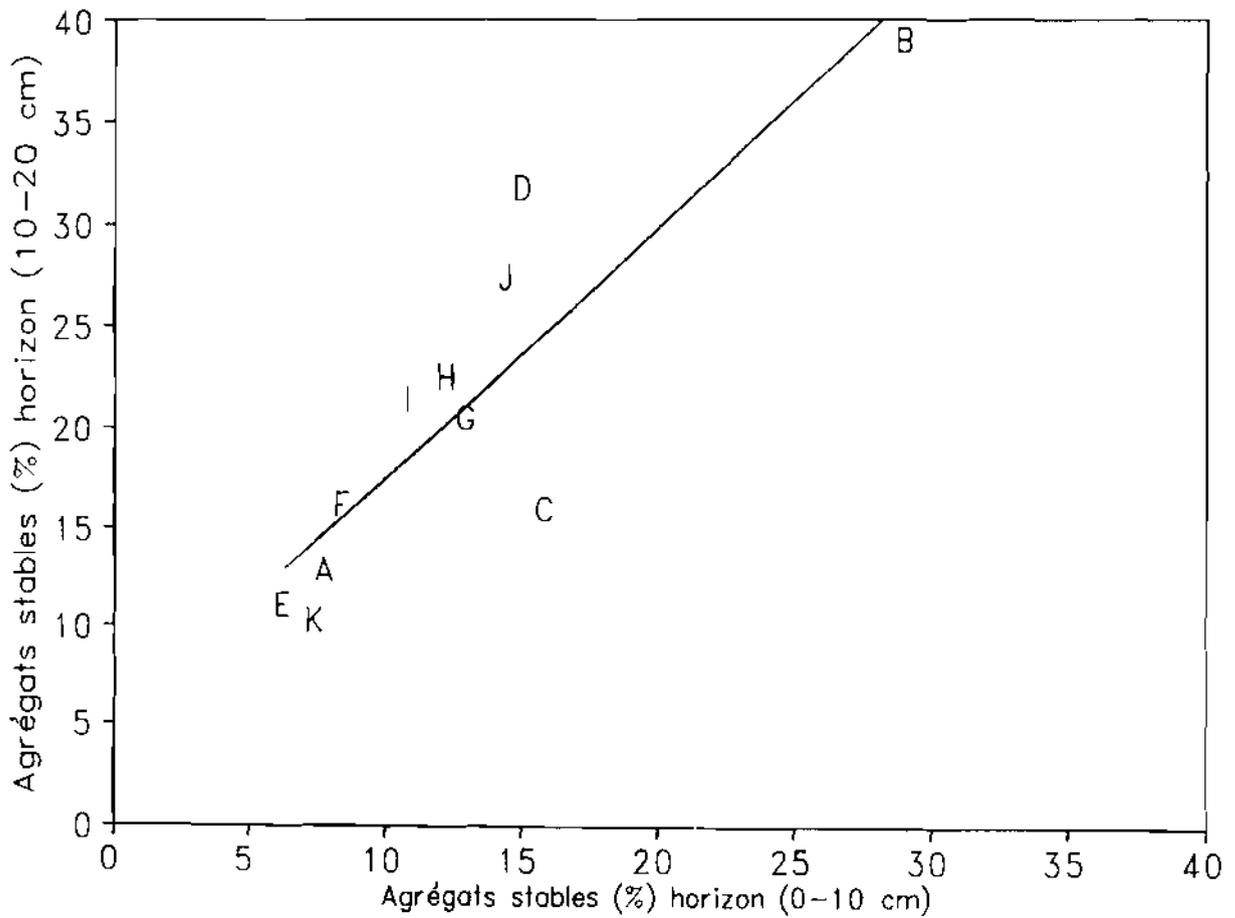


Figure 12 : Relation entre les taux d'agrégats stables de l'horizon de surface et ceux de la profondeur des sols sous jachère

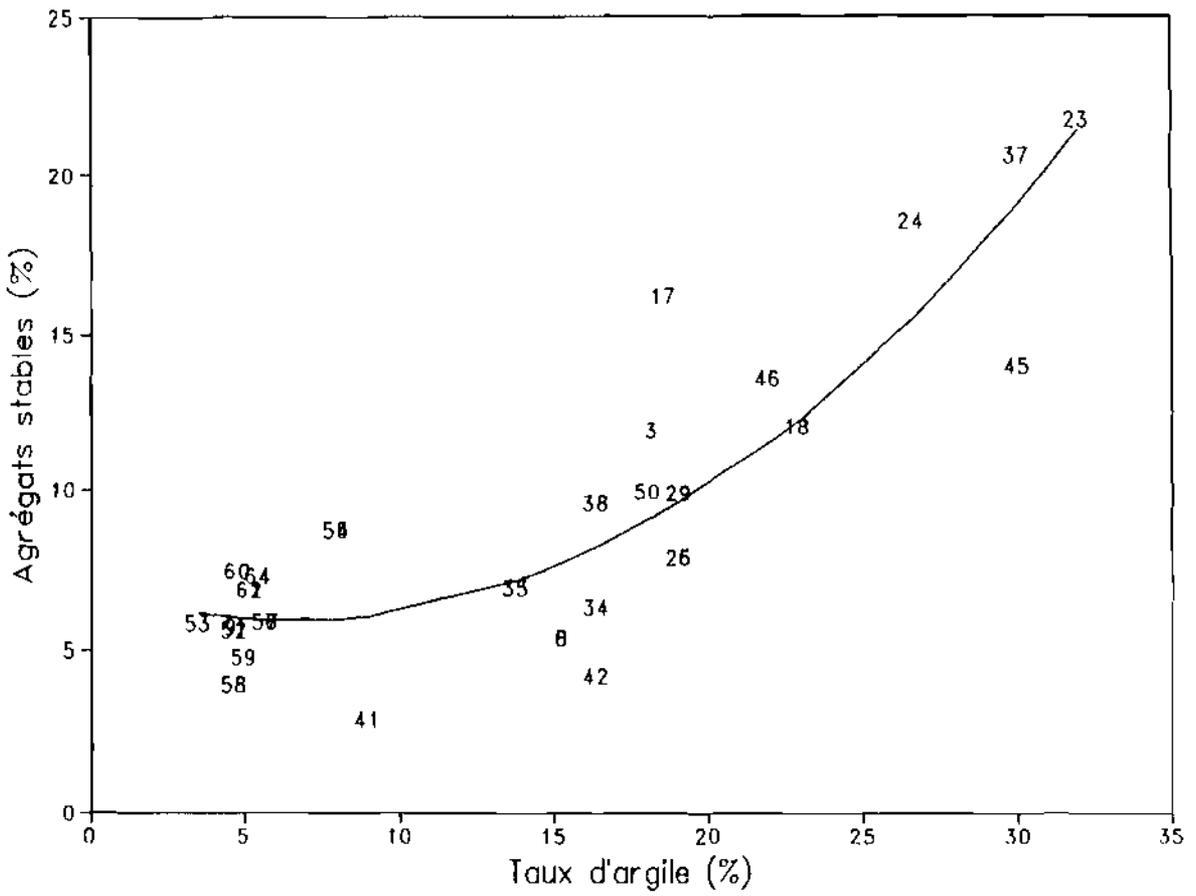


Figure 13 : Relation entre la stabilité structurale et le taux d'argile dans les champs cultivés.

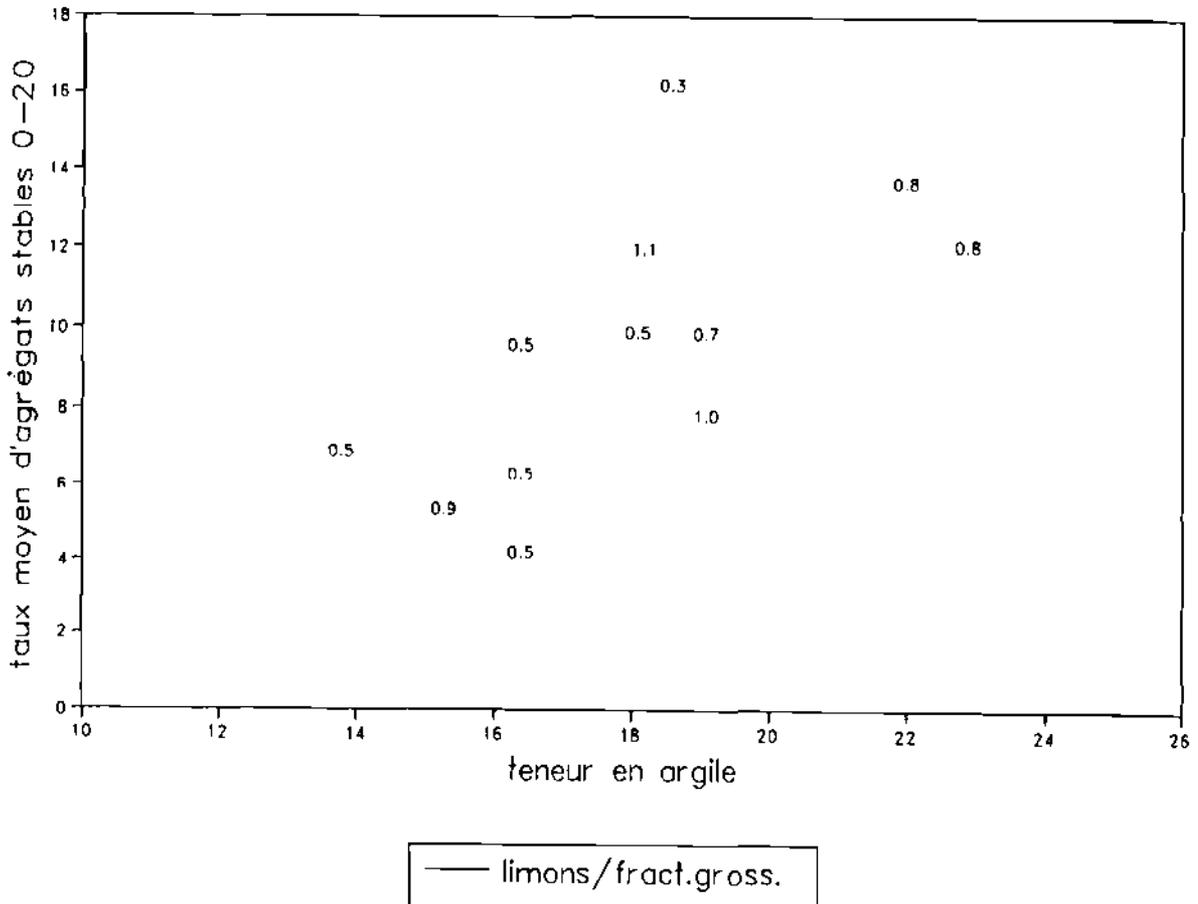


Figure 14 : Recherche d'un lien entre taux d'agrégats stables et taux de limons / fraction grossière (sols limoneux) sur 0-20 cm.

### 5.2.1. Rôle des propriétés du sol.

#### a) Taux d'argile

L'étude de la relation entre le taux d'agrégats stables à l'eau et les teneurs en argile (fig.13) montre une liaison forte entre ces deux paramètres. Le taux d'agrégats stables augmente en fonction du taux d'argile. Cette relation suit une fonction puissance de la forme :

$$Ag (\%) = 0,024 (\text{argile})^2 - 0,32 (\text{argile}) + 6,95 \quad r^2 = 0,76$$

Cette évolution du taux d'agrégats stables en fonction de l'argile est lente au début pour des sols à taux d'argile faible (sols du plateau) puis s'accroît assez rapidement avec des taux d'argile plus élevés. Les parcelles les mieux pourvues en argiles seront donc plus stables, du point de vue structure, que les parcelles moins riches. En effet, les sols à texture limoneuse ont un taux d'agrégats stables beaucoup plus élevé que ceux à texture plutôt sableuse.

Les argiles jouent ainsi un rôle important dans la stabilité structurale du sol par un affermissement de la cohésion de celui-ci. Les argiles jouent un rôle de liant entre les constituants du sol ; ce qui leur permet de résister à l'action dégradante de l'eau. Ces résultats corroborent ceux de OUATTARA (1994).

En effet, (KHERABI et MONNIER, 1968 ; DEXTER *et al.*, 1984 ; GUERIF, 1988) cités par OUATTARA (1994) ont montré que les argiles constituent un facteur déterminant dans la cohésion du sol à l'état humide. Et, cette action dépend, bien entendu, de leur nature, c'est-à-dire de leur capacité à favoriser les liaisons structurales.

#### b) Taux de matière organique

La relation établie entre le taux de carbone et le taux d'argile est bien connue et la figure 15, atteste qu'il existe une corrélation positive entre la teneur en argile et la teneur en matière organique du sol. Connaissant la relation entre le taux d'agrégats stables et l'argile, nous pouvons *a priori*, postuler qu'il existe une corrélation également positive entre le taux d'agrégats stables et la teneur en matière organique.

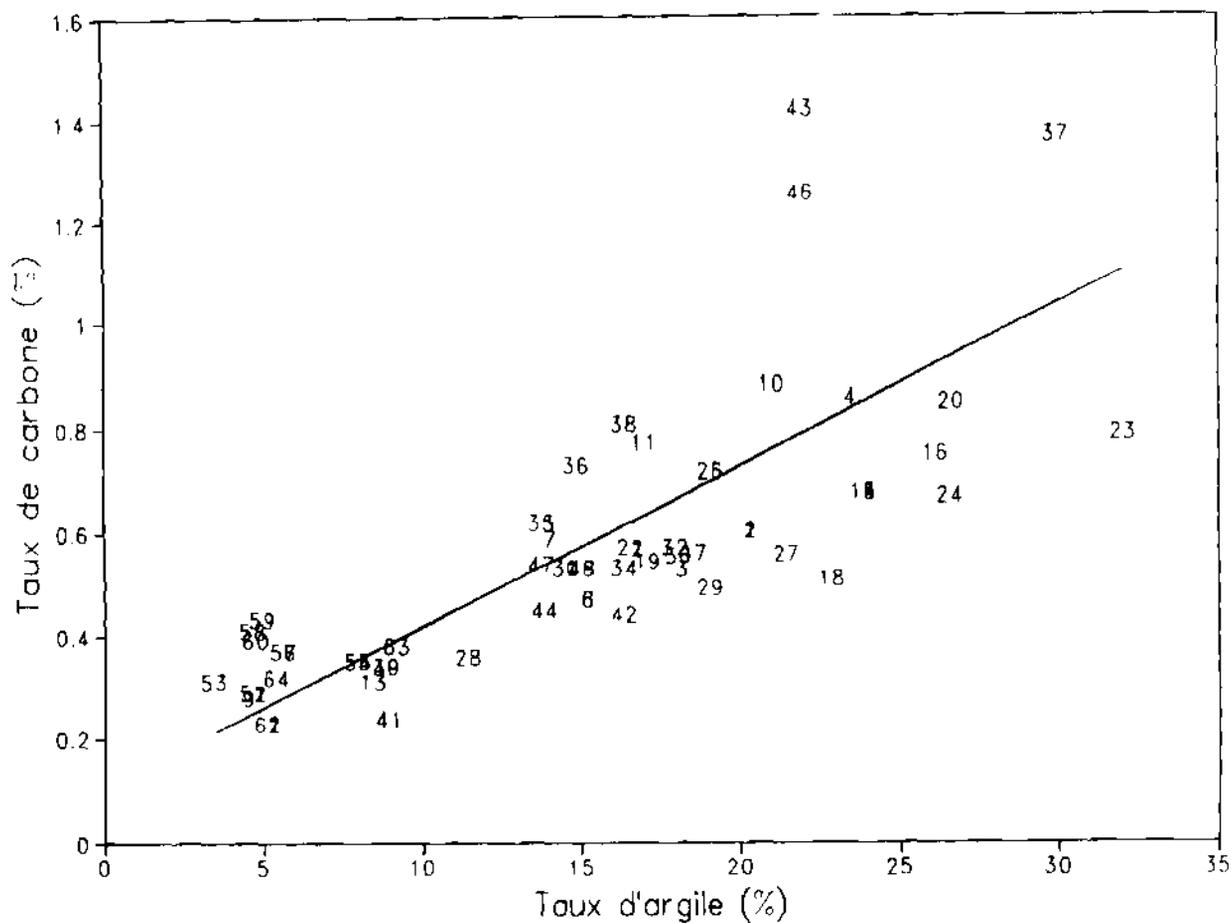


Figure 15 : Relation entre la matière organique et le taux d'argile des sols sous culture.

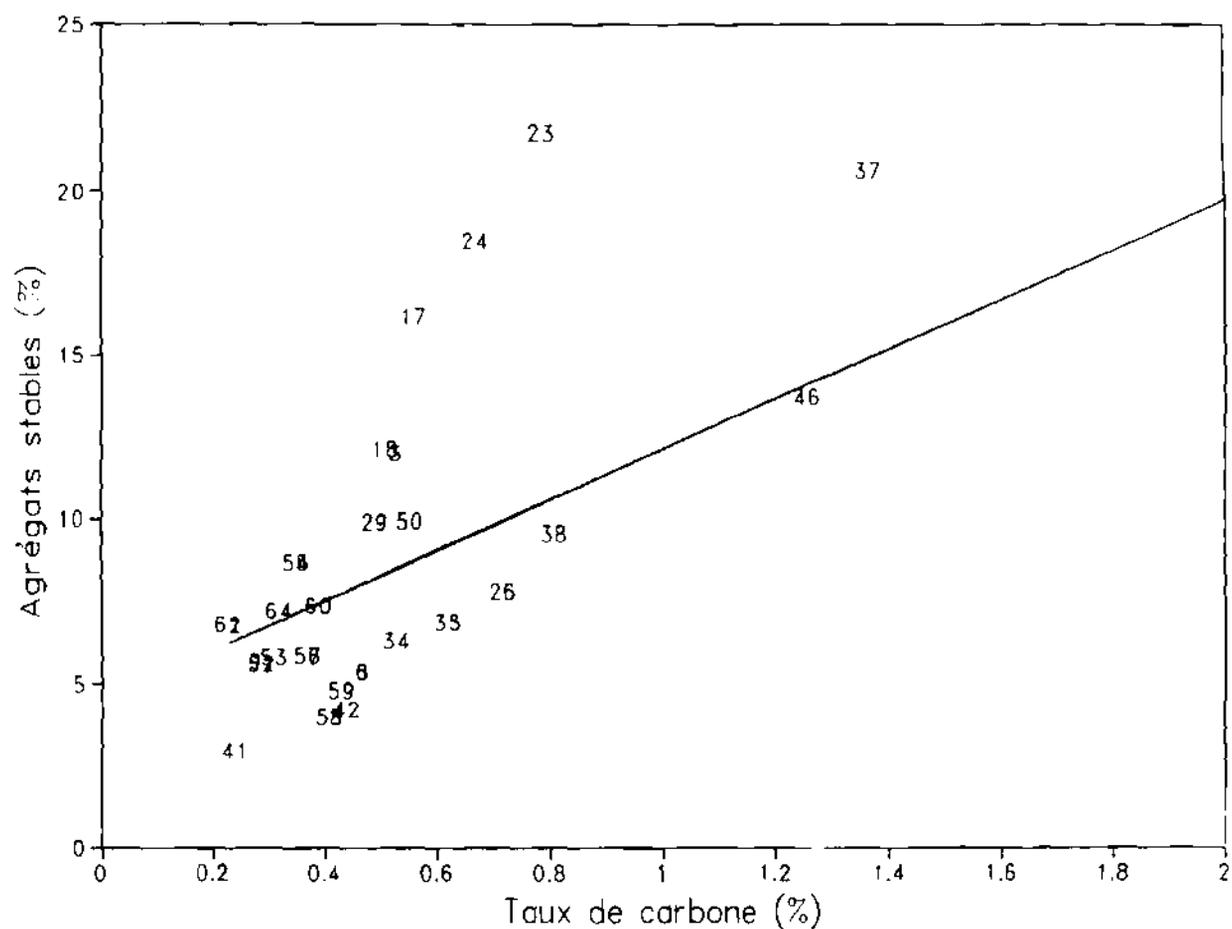


Figure 16 : Relation entre la stabilité structurale et la matière organique des sols sous culture.

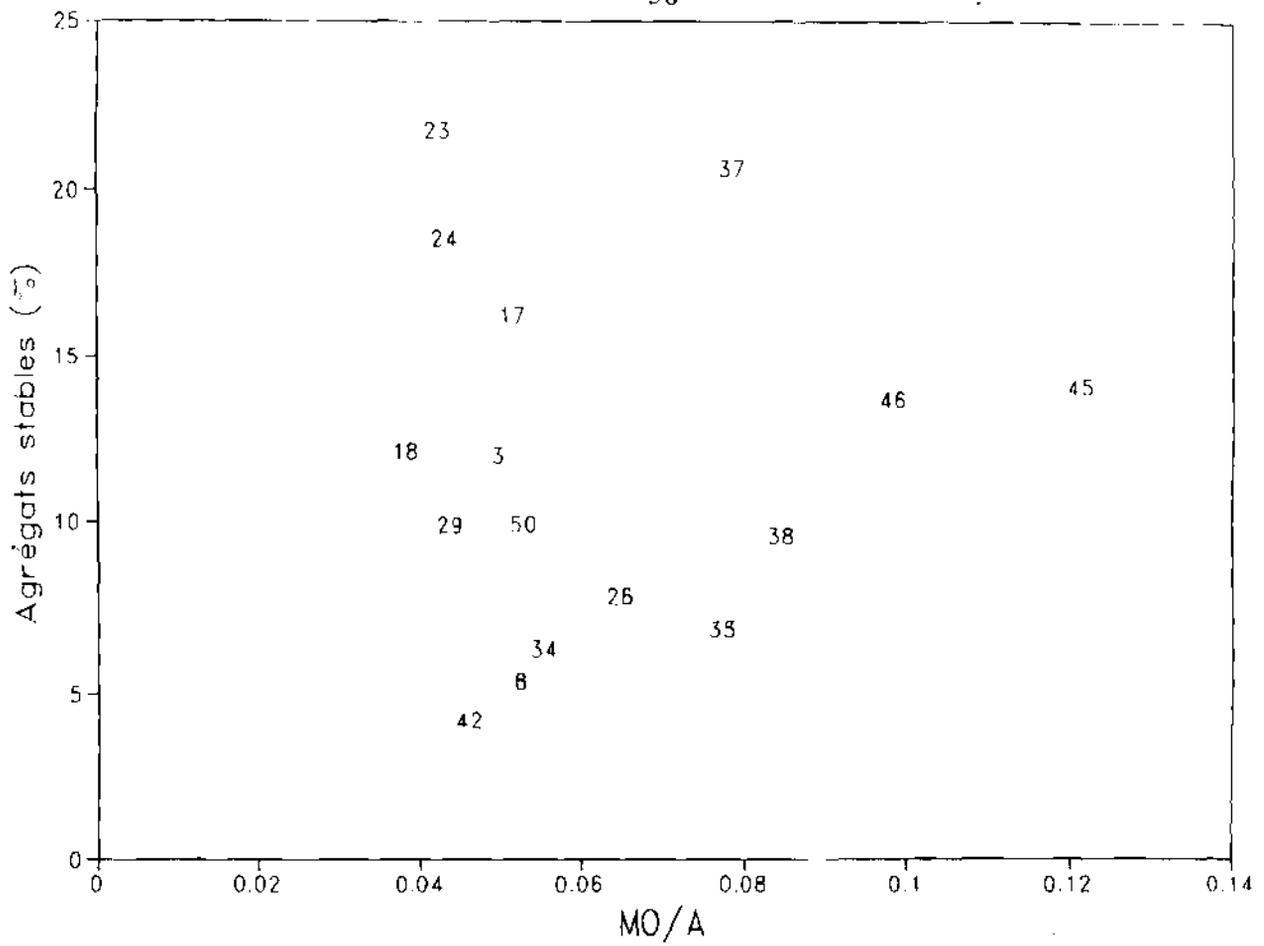


Figure 17 : Relation entre la stabilité structurale et le rapport MO/A des sols à taux d'argile élevé.

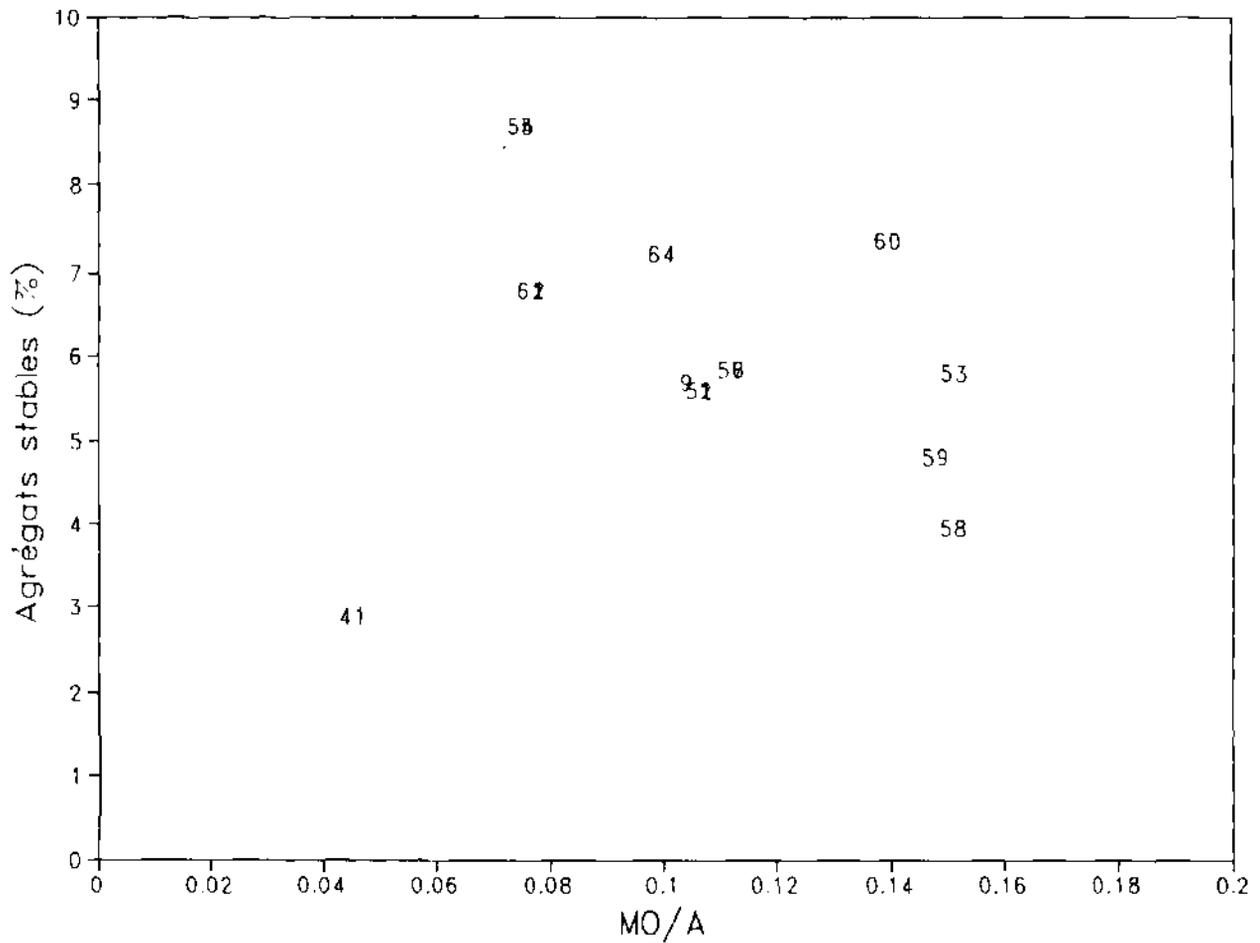


Figure 18 : Relation entre la stabilité structurale et le rapport MO/A des sols à taux d'argile faible.

La figure 16 montre en effet, l'existence d'une relation, mais faible ( $r^2 = 0,36$ ), entre le taux d'agrégats stables et le taux de carbone, alors qu'entre l'argile et le taux d'agrégats, elle est forte. Alors la relation, entre le taux d'agrégats stables et le taux de carbone doit être approfondie. Ce qui, nous amène à rechercher d'autres liens en considérant le rapport matière organique sur argile (fig.17 et 18). Ces figures montrent qu'il n'y a pas de relation entre le taux d'agrégats stables et le rapport (MO/A), d'une part au niveau des sols à taux d'argile faible (<10%) (fig.17) et d'autre part au niveau des sols à taux d'argile élevé (fig.18). Ce n'est donc pas la quantité de matière organique qui influence l'état d'agrégation des sols, mais probablement la nature de celle-ci et de son mode d'association avec le squelette du sol. Il s'agirait, entre autres, des polysaccharides dont le rôle agrégeant de la structure des sols est bien connu (GUCKERT, 1973 ; NICOU, 1978 ; BAVER, 1984) cités par OUATTARA (1994). L'action stabilisatrice de la structure du sol par la matière organique est maximale lorsque le substrat organique est bien décomposé (MONNIER, 1965 ; GODEFROY et JACQUIN, 1975).

Les mêmes résultats sur le rôle des propriétés du sol ont été obtenus dans les sols de jachère (figures, 19 et 20). Au niveau des jachères, on trouve cette fois-ci, une relation ( $r^2 = 0,67$ ) linéaire et positive entre le taux d'agrégats stables et les teneurs en carbone du sol (Fig.20), au sein d'une classe de texture (15-25% d'argile).

Cette relation positive dans les jachères seulement confirme bien l'assertion que nous avons précédemment faite, à savoir que c'est bien la nature de la matière organique (exemple : les polysaccharides) qui conditionne plus son pouvoir agrégeant.

En effet, comme beaucoup d'études l'ont montré (GUCKERT, 1973 ; SEDOGO, 1993), les teneurs en polysaccharides des sols sont élevées sous jachère naturelle et baissent de façon irréversible lorsque les sols sont mis en culture. On ne peut atteindre les teneurs initiales quelque soit la dose de fumier apporté (SEDOGO, 1993). Il faut mettre le sol en jachère pour ainsi améliorer sa fertilité globale.

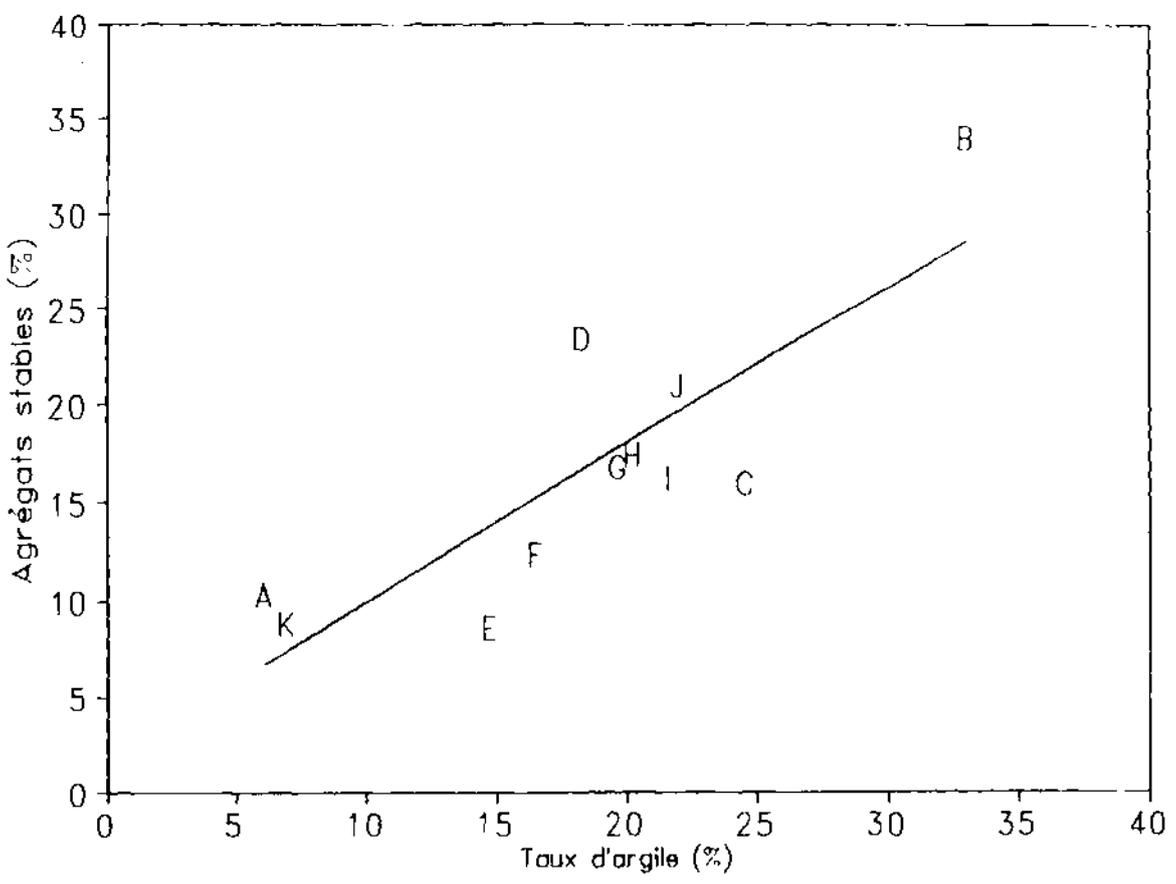


Figure 19: Relation entre la stabilité structurale et taux d'argile des sols sous jachère.

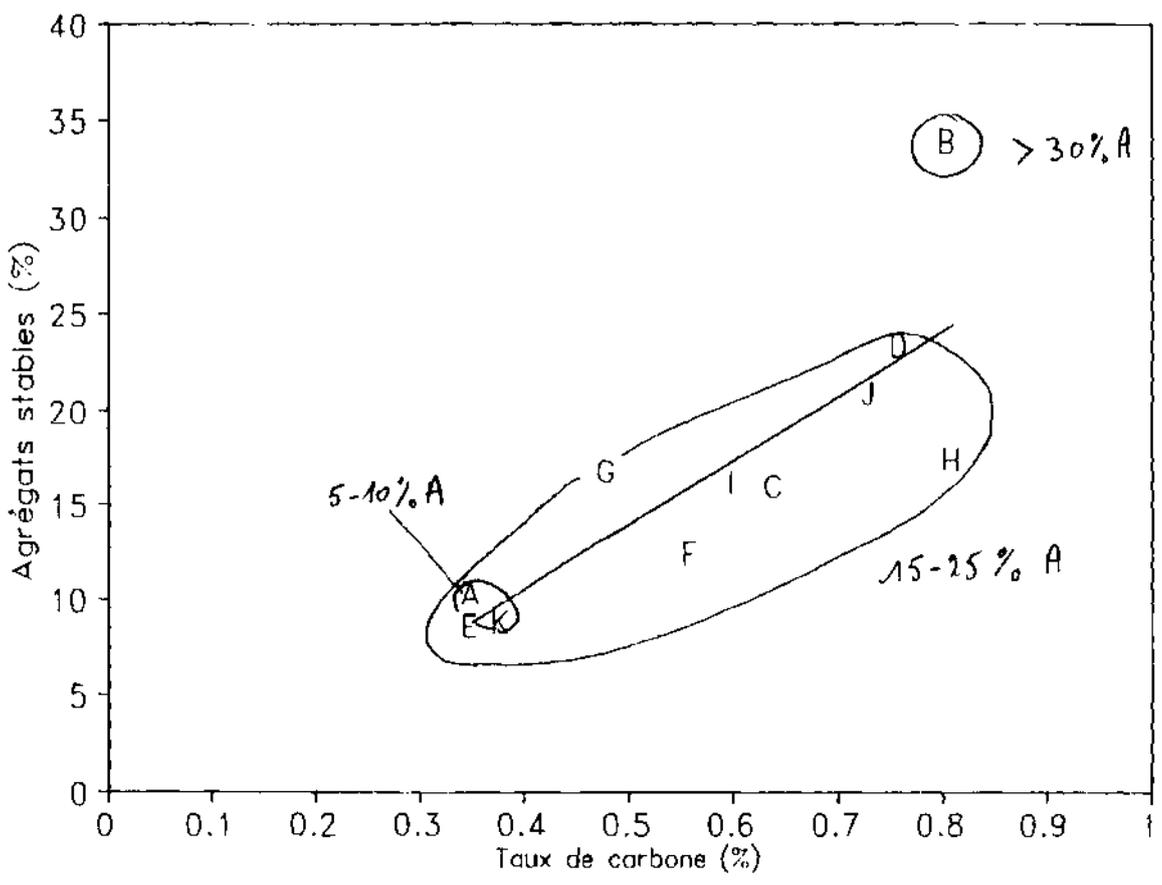


Figure 20 : Relation entre la stabilité structurale et la matière organique dans les sols sous jachère naturelle, par classe de texture.

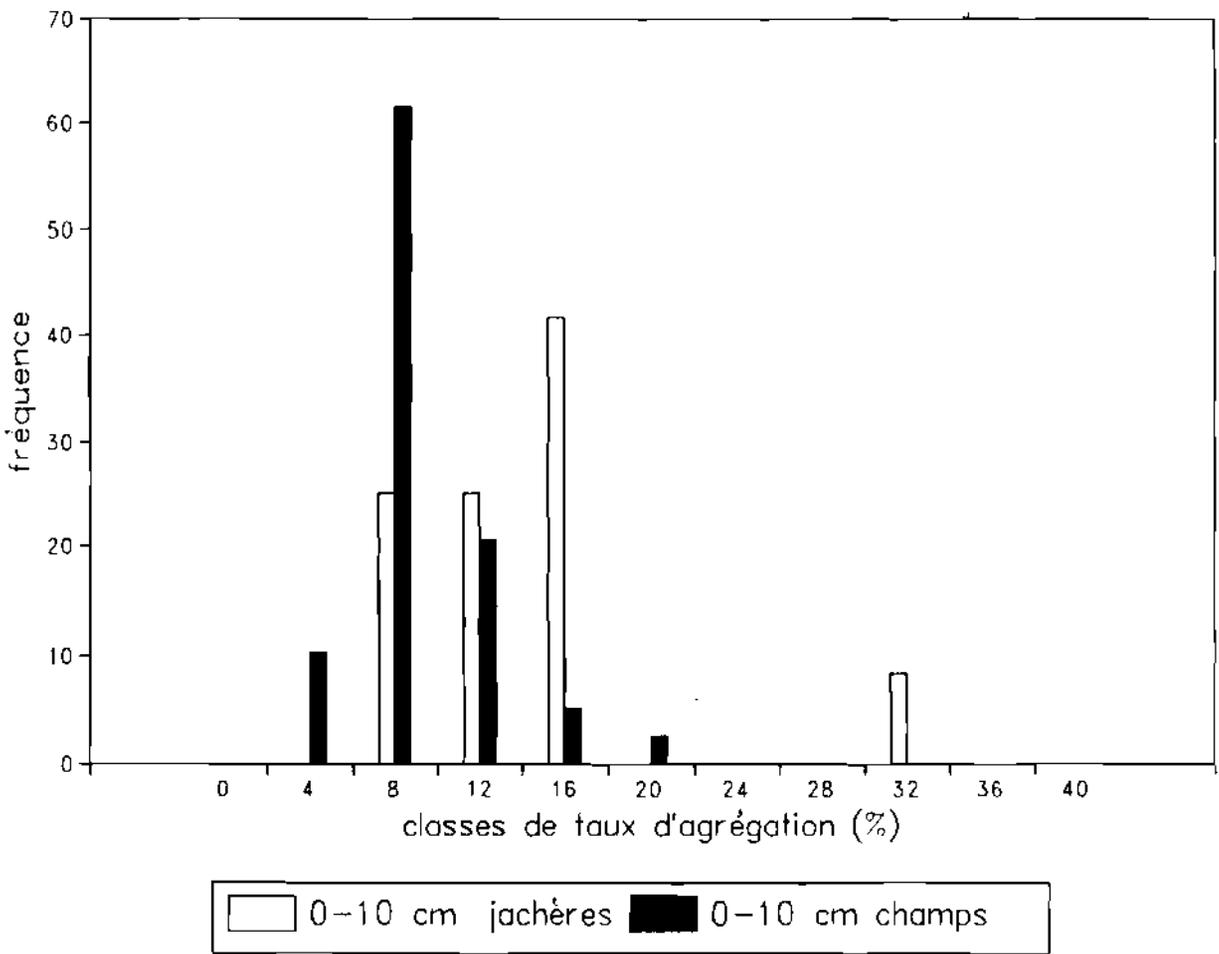


Figure 21 : Taux d'agrégats stables des sols sous jachère et sous culture (horizon 0-10 cm).

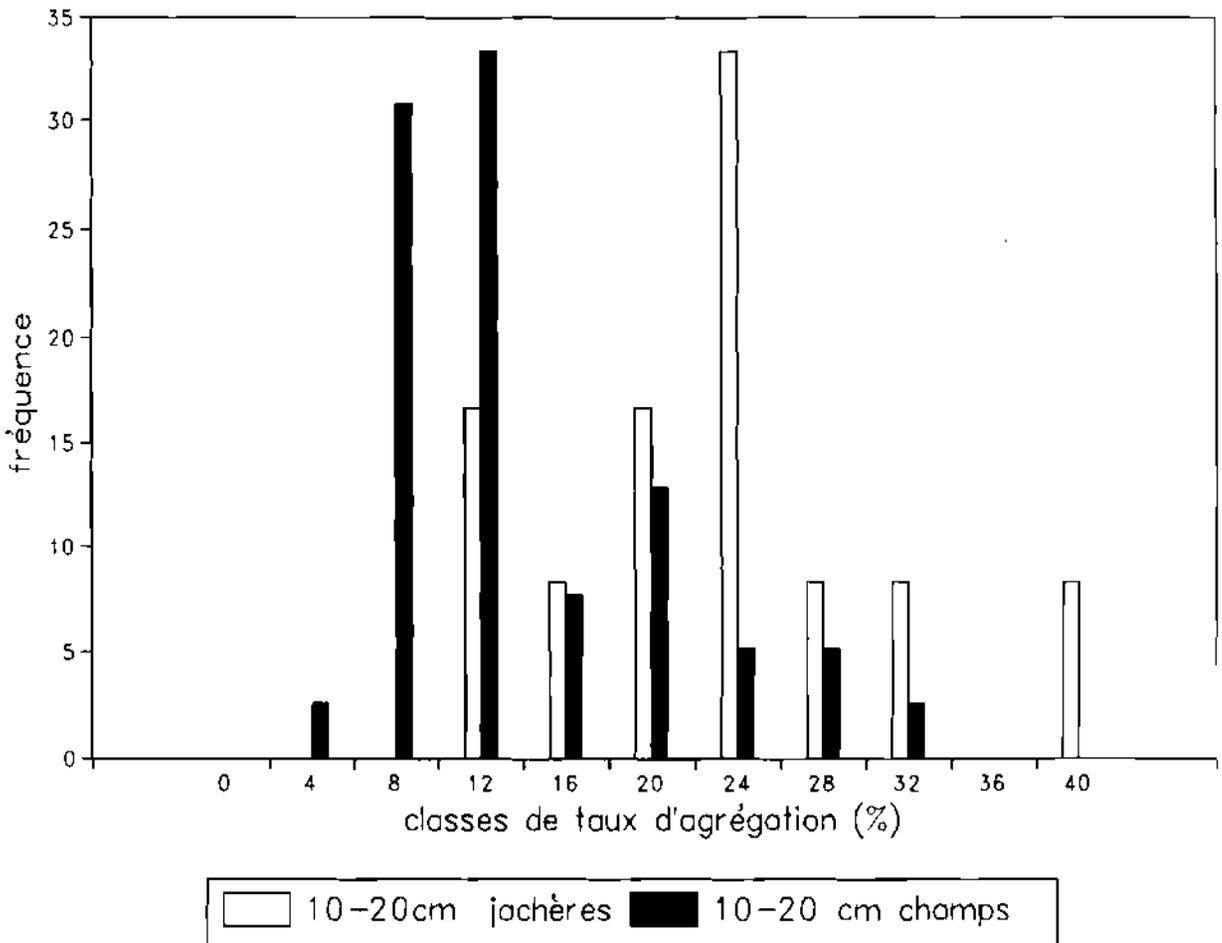


Figure 22 : Taux d'agrégats stables des sols sous jachère et sous culture (horizon 10-20 cm).

La matière organique, de par son caractère hydrophobe, constituerait donc, un frein à la pénétration rapide de l'eau dans l'agrégat ce qui diminue les processus d'éclatement (MONNIER, 1965 ; CONCARET, 1967 ; GODEFROY et JACQUIN, 1975 ; BARTOLI *et al.*, 1988 ). Celle-ci, stabilise les agrégats vis-à-vis de l'action de l'eau.

### 5.2.2. Influence des systèmes de culture

Une analyse comparative de l'état d'agrégation des sols sous culture et ceux des jachères naturelles, indique, de façon générale, un fort taux d'agrégats stables dans les jachères que dans les sols cultivés ; que ce soit au niveau de l'horizon de surface (0-10cm), (fig.21) ou l'horizon sous jacent (10-20cm), (fig.22) ; ce qui s'explique, comme nous l'avons vu, par les teneurs de polysaccharides plus élevées dans les jachères que dans les champs cultivés. Sur l'horizon 0-10cm, la plus basse classe de taux d'agrégation dans les jachères est celle de la classe [ 8 ], tandis qu'elle est de moitié dans les champs cultivés. La plus forte est celle de [32] dans les jachères et de [20] sur sols cultivés. Sur l'horizon 10-20cm, les jachères appartiennent à la classe [12 ; 40] et les champs cultivés à celle de [4 ; 32].

Le tableau n°3 indique l'influence des systèmes de culture sur la stabilité structurale des sols étudiés.

L'analyse de variance montre qu'il existe une différence significative au seuil de 5%. En effet lorsque l'on compare la valeur du  $F_{\text{calc}}$  (F calculé) à celle du  $F_{(0,05)}$  (F théorique), on se rend compte que la valeur théorique est nettement inférieure à la valeur calculée.

Au niveau des cultures, le taux d'agrégats stables évolue en fonction de la durée de mise en culture. Plus cette durée est élevée, plus le taux d'agrégats stables est faibles. Tandis qu'au niveau des jachères, plus la durée de jachère est élevée, plus le taux d'agrégats stables est élevé.

Tableau n°3. Analyse de variance des taux d'agrégats stables en 1h de tamisage à l'eau en fonction des systèmes de culture.

		Horizon 0-10 cm		Horizon 10-20 cm	
		Moyennes (%)	C.V (%)	Moyennes (%)	C.V (%)
Système de culture	Duiré (J>30 ans)	14.32	32.3	22.08	16.5
	Jachères <10ans	12.62	21.3	21.57	25.7
	Cultures <20ans	9.13	27.3	13.33	24.7
	Cultures >20ans	6.08	31.4	9.97	39.7
	Test	$F_{calc} = 6.72$ $F_{(0,05)} = 3.24$ Différence Significatives		$F_{calc} = 9.92$ $F_{(0,05)} = 3.24$ Différence Significative	

### Cinétique de désagrégation des particules de sol par tamisage dans l'eau.

La cinétique de désagrégation à l'eau du sol permet également de mettre en évidence l'influence des systèmes de culture sur l'état d'agrégation du sol.

Elle est l'évolution au cours du temps (t) de la teneur en agrégats stables à l'eau (Ag). Elle obéit à une loi puissance de la forme :

$$Ag (p.c.) = t^{-D}$$

Les paramètres de la cinétique de désagrégation des sols étudiés sont regroupés dans le tableau n°4. Les cinétiques de désagrégation des sols à l'eau sont plus lentes sur les jachères de longues durées (Duiré : 20-30 ans) que sur les jeunes jachères (< 10 ans) (fig.23). Elles sont par contre plus lentes dans les champs d'âges inférieurs à 20 ans que dans les champs de plus de 20 ans d'existence et continuellement exploités (fig.24).

En comparant les cinétiques des jachères et celles des champs cultivés, on constate qu'elles sont seulement plus lentes dans les vieilles jachères que dans les champs cultivés. Certains champs cultivés (âge < 20 ans), ont une cinétique beaucoup plus lente que les jeunes jachères (fig.25).

Tableau n°4. Paramètres de la cinétique de désagrégation de la terre fine en fonction des systèmes de culture.

Séries	D cinétique	r <sup>2</sup>	Err. exp %
Jachères âgées	0.21	0.92	10
Jachères jeunes	0.09	0.92	4
Champs < 20ans	0.28	0.90	7
Champs > 20ans	0.18	0.85	13

Au vu de ces résultats, on peut dire que la mise en culture des sols étudiés entraîne une baisse de la stabilité des agrégats tandis que la jachère améliore cette stabilité.

La mise en culture entraîne donc une dégradation de l'état structural et seule une jachère de longue durée, permettra d'atteindre la situation initiale (MARTIN, 1963) cité par SEBILLOTTE (1993).

ROOSE (1993) montre également que sur les sols sableux et pauvres, la jachère courte (un an) ne peut améliorer la fertilité car le bilan n'est pas encore en équilibre et que indéniablement, la jachère longue améliore les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol.

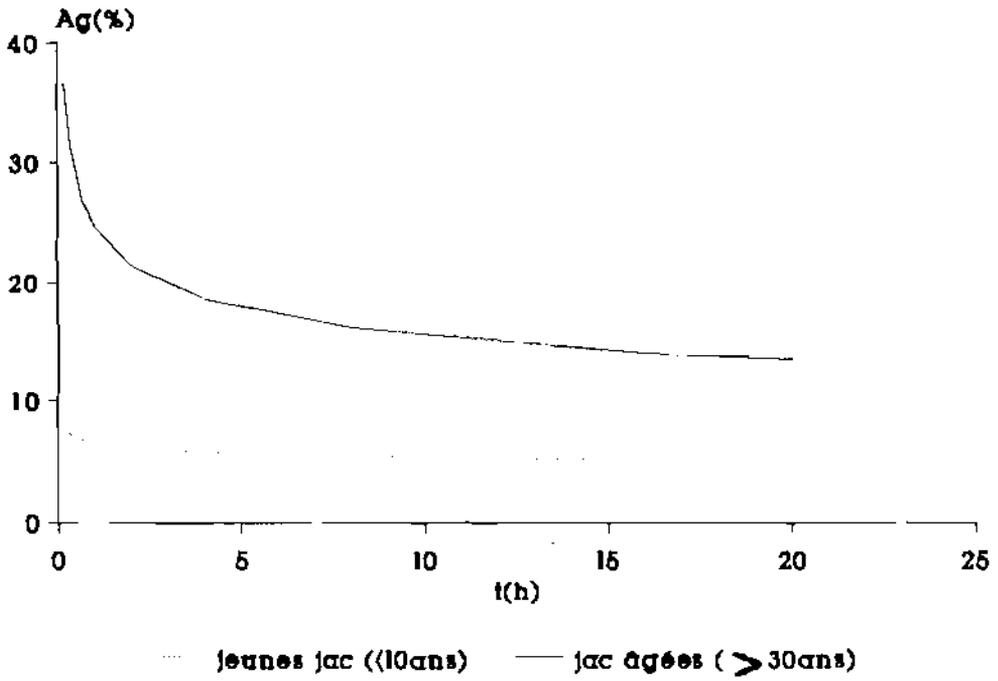


Figure 23 : Cinétique de désagrégation du sol à l'eau des sols sous jachère.

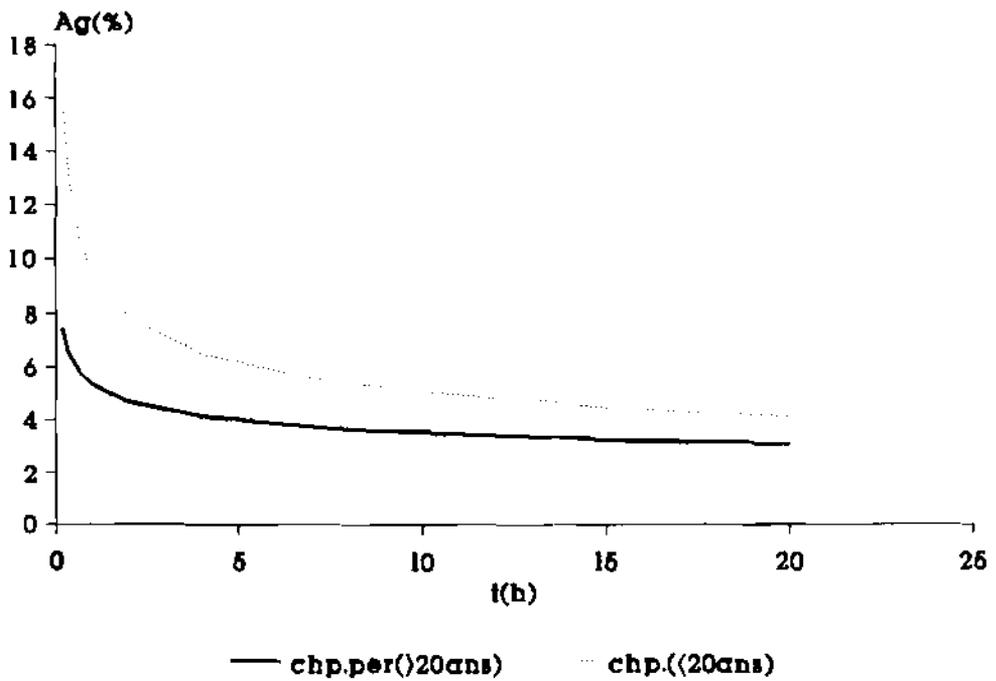


Figure 24 : Cinétique de désagrégation du sol à l'eau des champs cultivés (0-20 cm)

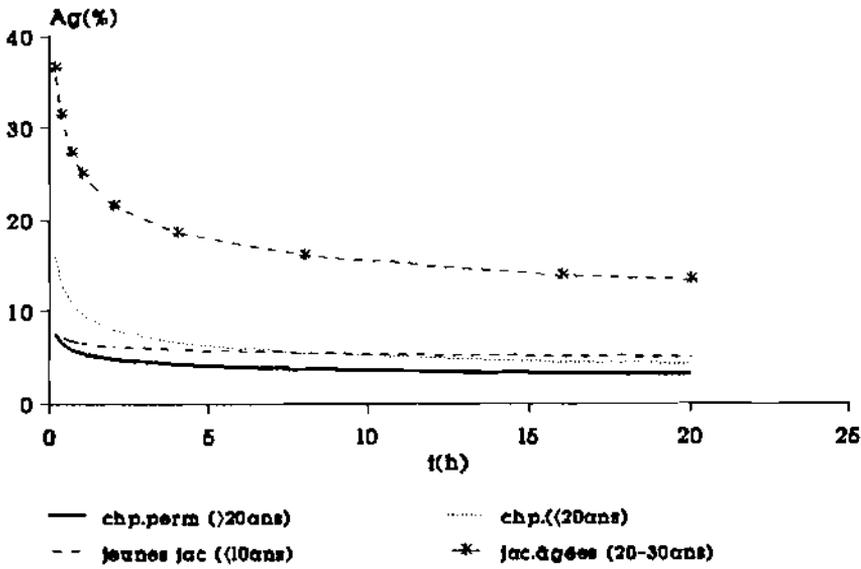


Figure 25 : Cinétique de désagrégation du sol à l'eau des sols sous culture et sous jachère (0-20 cm).

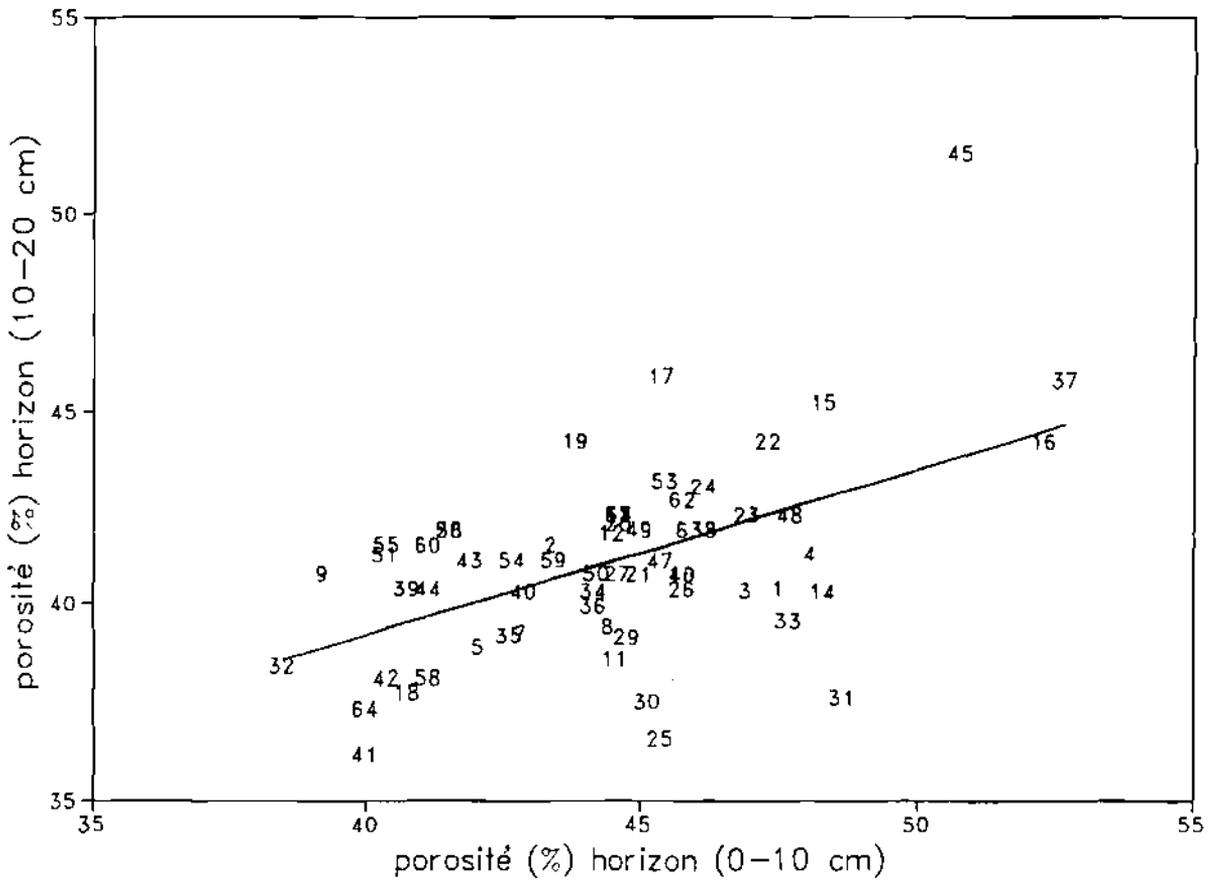


Figure 26 : Relation entre la porosité globale de l'horizon de surface et celle de l'horizon 10-20 des champs cultivés.

Les longues jachères ont donc un effet positif sur la stabilité structurale des sols. Cet effet positif sur l'amélioration de la stabilité structurale des sols tropicaux cultivés a été bien établi par (MOREL et QUANTIN, 1972 ; TALINEAU *et al.*, 1975 ; BOYER, 1982 ; ALBRECHT *et al.* 1988 ; VALENTIN *et al.*, 1990 par exemple) cités par FELLER *et al.*, (1993).

Des résultats semblables aux nôtres ont été obtenus sur des sols ferrugineux tropicaux du Burkina Faso ( OUATTARA, 1994 ). Il a en effet mis en évidence l'influence des systèmes de culture sur l'état d'agrégation des sols de Saria.

### 5.2.3. Conclusion

L'analyse de l'état d'agrégation des sols soumis à l'action du tamisage dans l'eau fait intervenir la désagrégation mécanique liée à l'agitation après que l'échantillon soit saturé (YODER, 1936 ; MONNIER, 1965 ; BARTOLI *et al.*, 1992b) cités par OUATTARA (1994). Ce phénomène est sous la dépendance étroite des caractéristiques intrinsèques du sol.

Les résultats de nos travaux montrent que les argiles des sols cultivés jouent un rôle important dans l'affermissement de leur structure et ce, en présence ou non de la matière organique. Ils montrent aussi qu'au niveau de la matière organique, c'est la qualité de celle-ci qui joue un rôle important dans la stabilité de l'édifice structural des sols ferrugineux. Cela a été bien mis en évidence sur les sols sous jachère naturelle.

En comparant l'état d'agrégation des parcelles sous cultures entre elles, on observe une plus grande résistance à la dégradation des sols récemment mis en culture que dans les vieux champs permanemment cultivés. La comparaison des parcelles en jachère permet de mettre en évidence l'effet positif des longues jachères sur la stabilité structurale des sols ferrugineux.

### 5.3. IMPACT DES SYSTEMES DE CULTURE SUR LA POROSITE DES SOLS

La porosité du sol joue un rôle important sur l'aération et la circulation des eaux dans le sol (OUATTARA, 1994). Elle permet également une bonne croissance juvénile de la culture en favorisant la dynamique de son enracinement. En assimilant la porosité du sol à un ensemble de réseaux de pores caractérisé par la dimension de ces pores et les mailles des différents réseaux, il apparaît que la distribution de l'espace poral peut être appréciée par des mesures de densités apparentes du sol (STENGEL, 1979).

Si l'on considère que la fraction des pores d'origine texturale est constante pour un matériau donné (STENGEL, 1979) ; il ressort également que la distribution spatiale de la porosité permet d'apprécier la structuration du sol dans son ensemble (OUATTARA, 1994).

La porosité globale du sol est d'une variabilité telle qu'il importe alors que nous considérons séparément les deux horizons supérieurs: l'horizon de surface (0-10 cm) et l'horizon sous jacent (10-20 cm). Lorsque nous consultons la figure 26, elle montre effectivement un très faible lien entre la porosité de l'horizon (0-10 cm) et celle de l'horizon 10-20 cm ( $r^2 = 0,27$ ).

Dans le but de déterminer les facteurs qui influence la porosité du sol, nous avons voulu rechercher les liens qui existent entre celle-ci et certains paramètres tels que : le taux d'argile et la stabilité structurale.

La figure 27, montre une certaine relation, bien qu'elle soit très faible ( $R^2 = 0,34$ ), entre la porosité de l'horizon (0-10 cm) et le taux d'argile. La porosité de l'horizon semble croître avec le taux d'argile. Globalement dans le bas-glacis où les sols sont plus argileux, l'argile a une influence sur la porosité de l'horizon de surface. BOYER (1982), constate en effet que , dans les sols d'état structural comparable, la porosité globale est d'autant plus élevée que le sol est plus argileux. En fait, toutes autres conditions étant égales par ailleurs, lorsque le taux d'argile croît, c'est surtout la microporosité qui augmente.

OUATTARA (1994) montre par contre que la valeur de la porosité globale du sol est d'autant plus faible que le sol est argileux, car les particules du squelette sableux ménagent entre elles un espace poral plus important que celui induit par la fraction argileuse du sol.

STENGEL (1979) a cependant montré que la teneur en argile n'est pas la seule variable explicative.

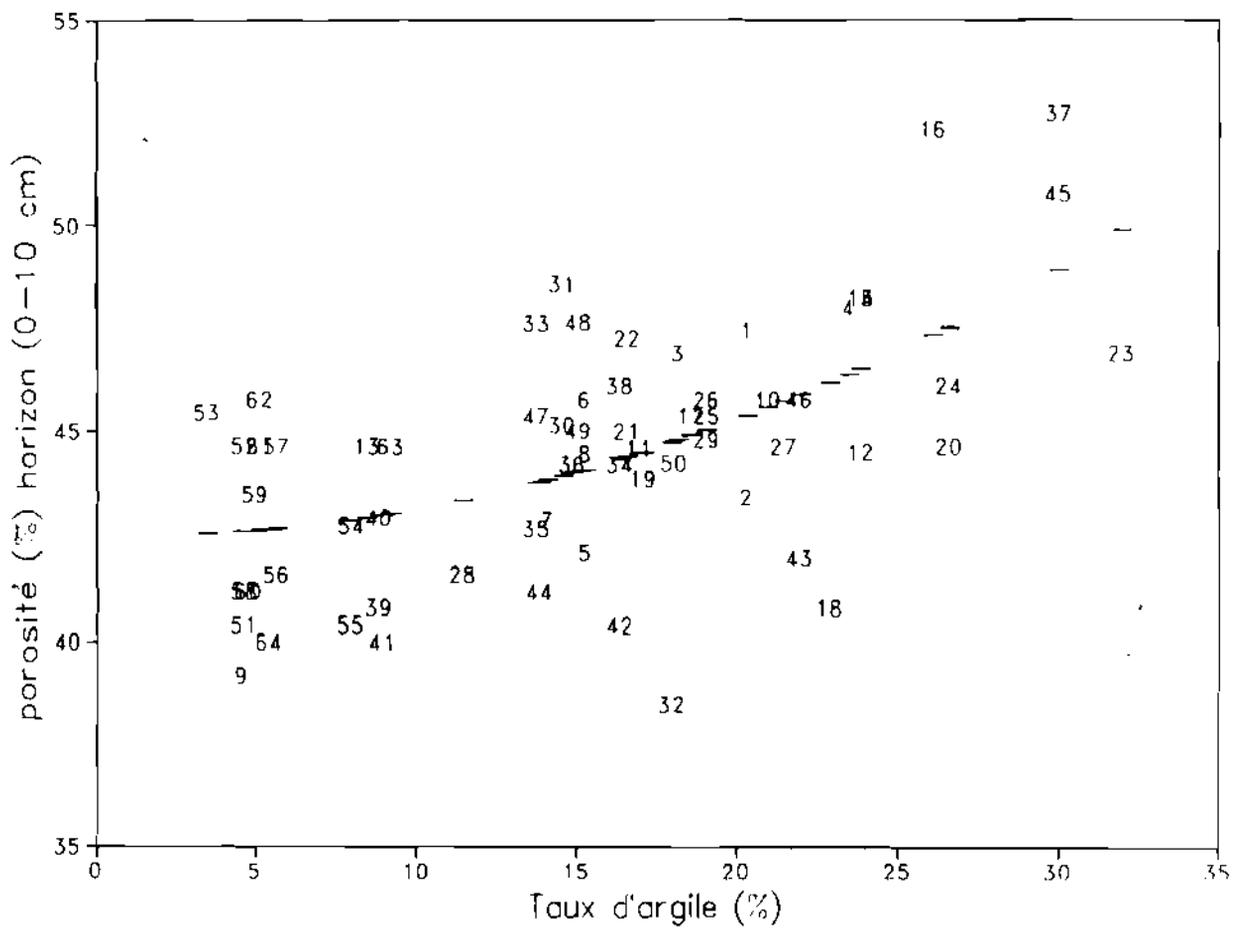


Figure 27 : Relation entre la porosité globale de l'horizon (0-10 cm) et le taux d'argile.

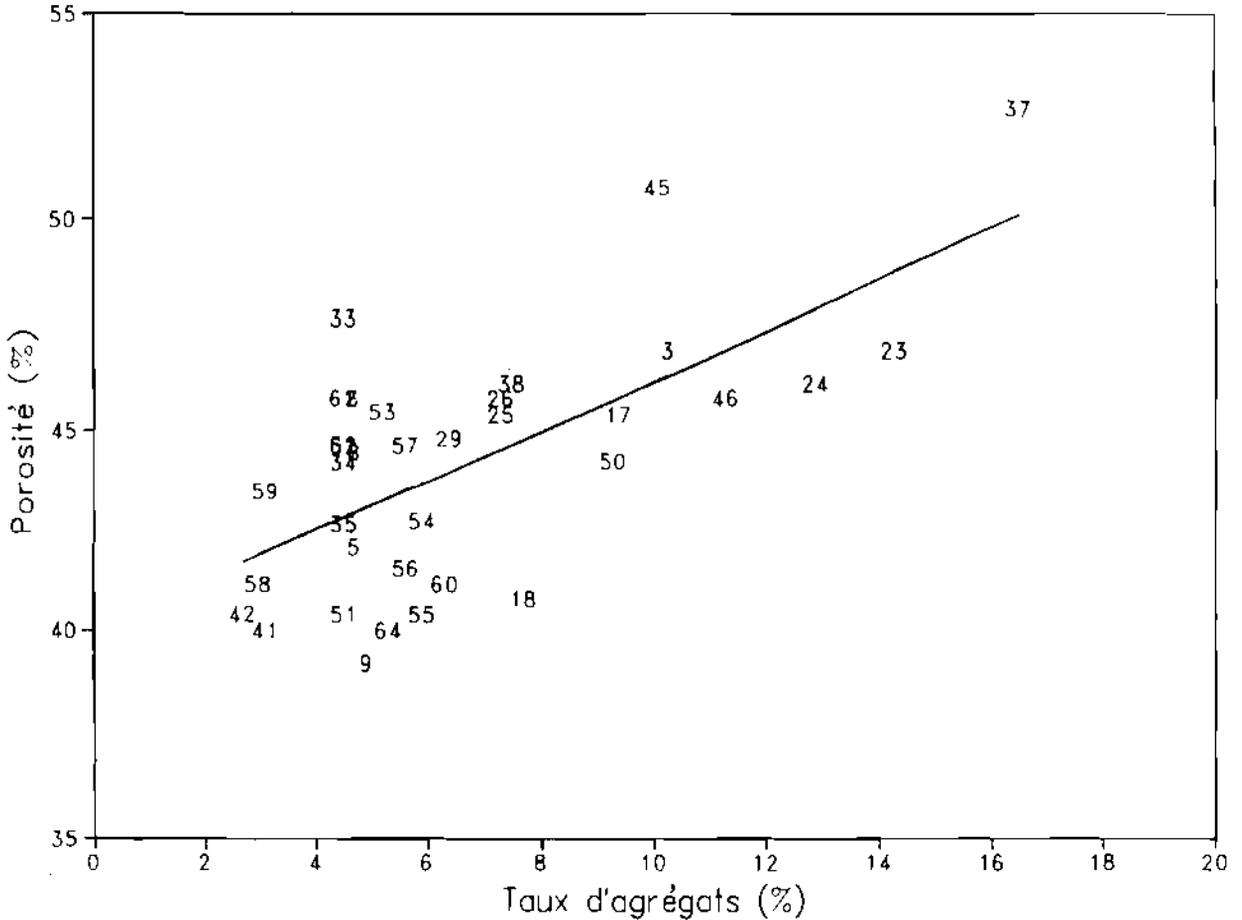


Figure 28 : Relation entre la porosité globale de l'horizon 0-10 cm et le taux d'agrégats de l'horizon 0-10 cm.

C'est plutôt, la granularité du sol dans son ensemble qui expliquerait certaines variations de la porosité texturale aussi bien en station que sur les unités morphopédologiques du milieu paysan.

En considérant le taux d'agrégats stables, on se rend compte qu'un faible lien ( $r^2 = 0,43$ ) existe entre la porosité globale de l'horizon (0-10 cm) et son taux d'agrégats stables (fig.28). La porosité croît avec le taux d'agrégats stables (bien que cette croissance soit faible). La stabilité structurale des sols étudiés influence donc la porosité globale de ces sols (même si cette influence n'est pas très perceptible dans ce cas présent). (CALLOT et al., 1982 ; STENGEL, 1979), montrent que la structure du sol et sa stabilité conditionnent pour une grande part la dimension et la répartition des lacunes du sol et influence ainsi son comportement hydrique et son aération.

Lorsque nous considérons le tableau n°5 et en nous référent aux limitations agricoles en fonction de la porosité du sol selon BOYER, (1982) (Tableau n°6), nous pouvons à priori constater que les parcelles étudiées, ne présentent globalement pas, de grandes contraintes d'enracinement et ce, quel que soit le système de culture. En effet, selon cet auteur, c'est la limite inférieure de porosité ( $< 40\%$ ) qui entraîne une mauvaise germination des semis et un enracinement difficile pour les cultures et que la limite supérieure ( $> 60\%$ ) est peu favorable à l'enracinement. Les très bonnes porosités pour l'agriculture se situent entre 50 et 60 % selon le même auteur. Les sols étudiés se situent donc à l'intermédiaire c'est-à-dire moyennement favorables à l'installation des cultures.

Les sols les mieux structurés sont également les plus poreux et la dégradation de la structure s'accompagne d'une baisse de la porosité globale (BOYER, 1982). Ce qui voudrait dire que les sols étudiés se caractérisent par un faible niveau de structuration et ce, quel que soit le système de culture. Selon les normes d'interprétation de la richesse d'un sol (RIQUIER) (Tableau n°6), la majorité des parcelles étudiées se retrouve soit dans la classe des sols à porosité médiocres (40-45 %), soit dans celle des bonnes porosités (45-50 %) à l'exception donc des parcelles 9 et 32 qui ont une mauvaise porosité et les parcelles 16 ; 37 et 45 qui ont une très bonne porosité. Cependant pour un sol cultivé, une valeur de 40% de porosité est acceptable (OUATTARA, com.pers), dans la mesure où le sol est labouré.

NB : Les valeurs du tableau des normes d'interprétation selon RIQUIER ne sont que des ordres de grandeur. Ils peuvent varier en fonction de la richesse du sol en éléments échangeables ou assimilables, de sa composition granulométrique et parfois aussi de la nature de la plante (Memento de l'Agronome). Ces valeurs sont donc à prendre comme simple indication.

Tableau n° 5. Analyse de la porosité globale du sol en fonction des systèmes de culture et de la texture.

		Horizon 0-10 cm		Horizon 10-20 cm	
		Moyenne (%)	CV (%)	Moyenne (%)	CV (%)
cultures sur longue jachère > 20 ans	champ pionnier	45.20	6.2	41.62	4.08
	champ intermédiaire	45.00	3.4	41.09	2.3
	champ permanent avec courte jachère	45.68	1.5	38.62	3.1
	champ permanent sans courte jachère	44.92	6.6	38.05	3.2
cultures sur système 10/10	défriche	45.88	6.5	42.40	3.06
	champ pionnier	45.67	4.3	40.33	2.5
Texture	Limoneux	46.07	4.9	41.15	6.02
	Limon-sableux	44.71	4.6	41.25	3.4
	Général	45.39	6.0	41.20	6.1
Signification du test		(système de culture) = NS (texture) = NS		(système de culture) = NS (texture) = NS	

Tableau n°6. Normes d'interprétation et limitations agricoles de la porosité selon respectivement RIQUIER et BOYER

	Très mauvais	Mauvais	Médiocre	Bon	Très bon
Porosité totale( % )	35	35 à 40	40 à 45	45 à 50	50 à 53

\*Normes d'interprétation de richesse d'un sol ( d'après RIQUIER, Madagascar en % de la terre tamisée à 2 mm ). Sources : Memento de l'Agronome.

Porosité totale ( % )	Limitations	Observations
< 40	Forte	Mauvaise germination des semis Enracinement difficile
40 à 45	Moyenne	
45 à 50	Faible à nulle	
50 à 60	Nulle	
> 60	Forte à moyenne	Terre "creuse", peu favorable à l'enracinement

\*Limitations agricoles de la porosité totale (d'après BOYER, 1982).

#### 5.4. CONCLUSION

Les résultats issus de l'analyse de la porosité globale des sols cultivés ont mis en évidence sa liaison avec la texture du sol. Sur les sols argileux, la porosité globale de l'horizon de surface semble évoluer positivement avec le taux d'argile.

Cependant, les systèmes de culture n'ont apparemment pas influencé la porosité des sols étudiés.

Lorsque l'on place la porosité de ces sols dans la gamme des limitations agricoles selon BOYER ( 1982 ), on observe que cette porosité ne limite pas la capacité d'enracinement des cultures.

L'influence des systèmes de culture sur la stabilité structurale a, par contre été mise en évidence. En effet, l'intensification des culture entraîne inexorablement une baisse de la stabilité structurale des sols étudiés et que seule une jachère de longue durée peut améliorer cette stabilité.

Les résultats montrent également que la stabilité des sols est positivement corrélée au taux d'argile et à la nature de la matière organique.

Dans ce chapitre nous avons caractérisé les états structuraux des sols en fonction des systèmes de culture présents dans la région.

Nous voudrions, dans le chapitre suivant, mettre en évidence l'influence des facteurs comme, le climat et surtout les états structuraux des sols, sur les cultures au cours de la campagne 1996.

## **CHAPITRE 6. INFLUENCE DES FACTEURS DU MILIEU SUR LE DEVELOPPEMENT DES CULTURES : CAMPAGNE 1996 (EXEMPLE DU MAIS)**

Les cultures sont conditionnées par plusieurs facteurs qui déterminent leur mise en place et leur production. Au nombre de ces facteurs, nous citerons le climat, l'alimentation hydrique et minérale (CO<sub>2</sub>, sels) les pratiques culturales, les compétitions, les ravageurs et l'état de la structure du sol. Nous voulons dans ce sens analyser d'abord le climat de la région durant l'année 1996, ensuite décrire le déroulement des techniques culturales, et surtout mettre en évidence l'impact de l'état structural des sols sur les cultures à travers l'analyse des deux principales phases qui conditionnent les résultats culturaux et qui sont les plus influencées par la structure du sol : La phase d'installation du peuplement et la phase végétative.

### **6.1. LE CLIMAT DE L'ANNEE 1996.**

La pluviométrie a été enregistrée sur les deux zones de l'étude à l'aide de stations météorologiques installées par l'ORSTOM.

#### **6.1.1. Le plateau.**

La saison 1996 a été une saison moyennement pluvieuse avec en moyenne 915 mm. Néanmoins, des irrégularités dans la distribution des pluies tant spatialement que temporellement ont marqué cette campagne pluvieuse. La représentation de cette pluviométrie a été réalisée suivant les pentades. Ceci permet de détecter aisément la présence de pentades sèches préjudiciables au développement des plantes. En effet l'ETP sur une pentade (25 à 30 mm) est de l'ordre de la RFU racinaire. Pour diagnostiquer une période sèche, il suffira de constater en début de cycle la succession de deux valeurs inférieures ou égales à ETP/ 2 (Evaporation du sol nu) et en fin de cycle la succession de deux pentades de pluviométrie nulle (SERPANTIE, com. Pers). Deux postes pluviométriques ont été suivis sur le plateau : Bondoukui et Mokouna (figure 29 et 30).

En fin Juin, Juillet, Août et Septembre, on ne détecte pas de sécheresse mais une succession de décades très pluvieuses entrecoupées de pentades recevant seulement ETP ou, ETP/2.

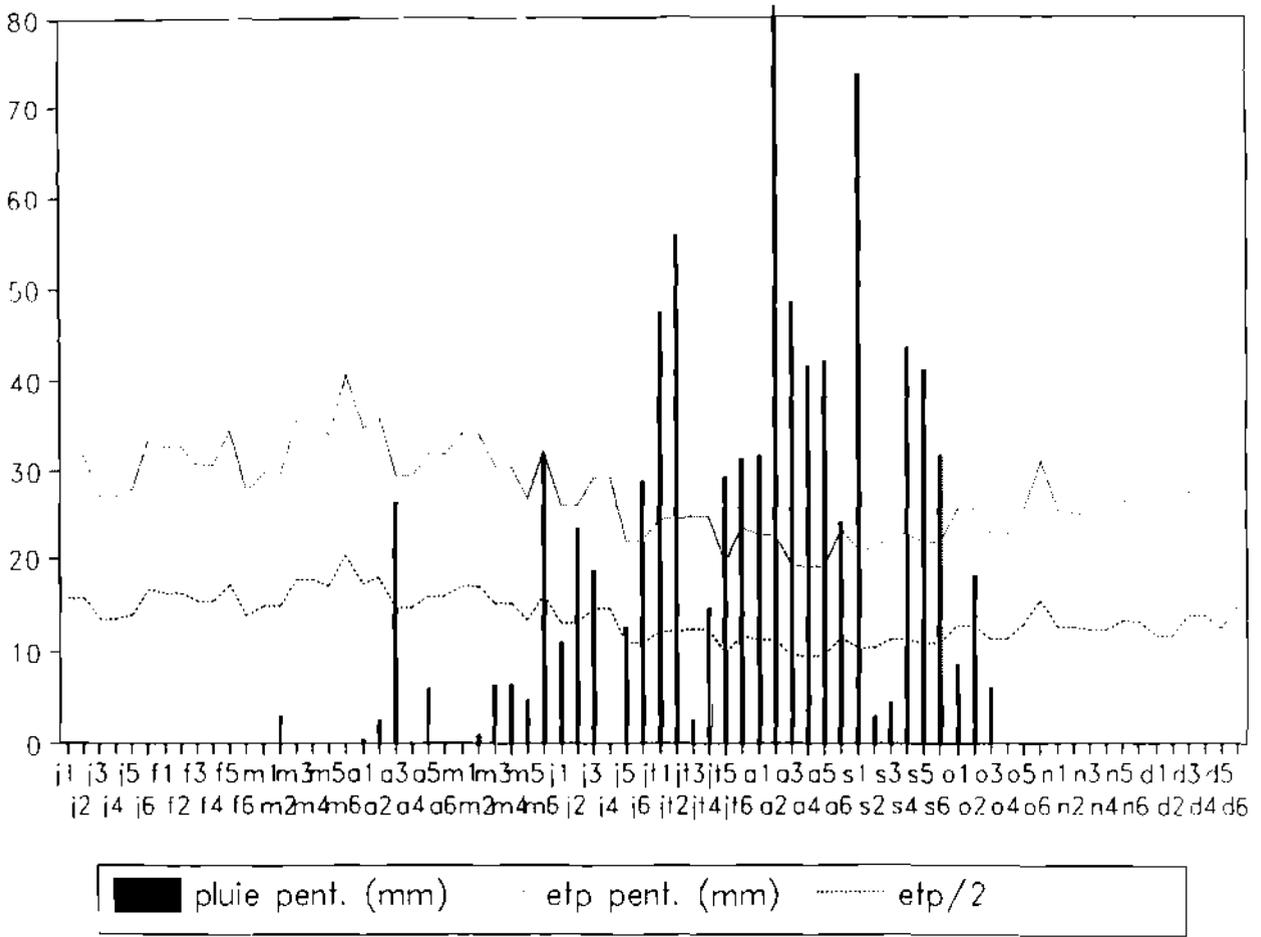


Figure 29 : Diagramme climatique pentadaire. Station de Bondoukou, année 1996.

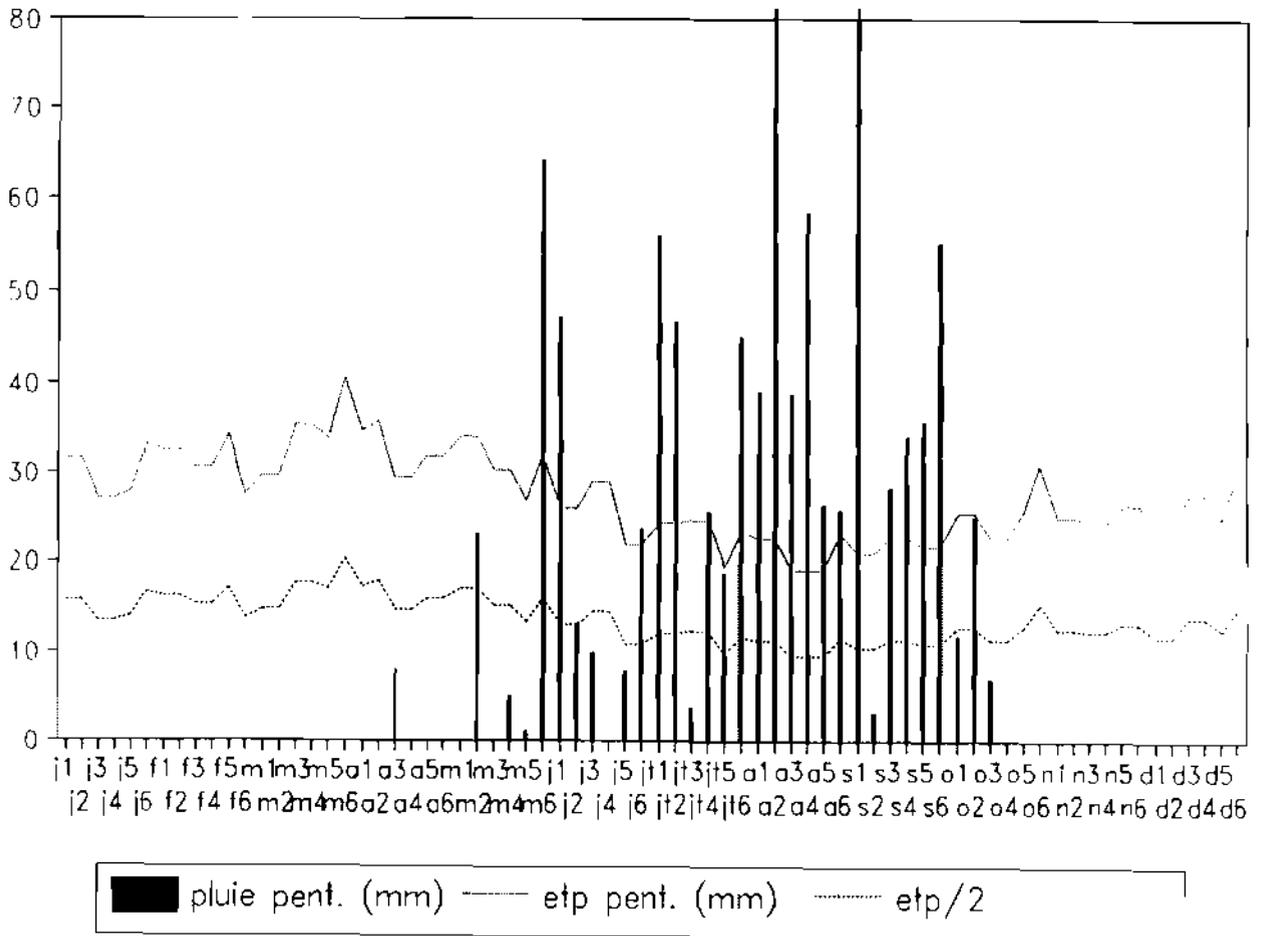


Figure 30 : Diagramme climatique pentadaire de Moukouna, année 1996.

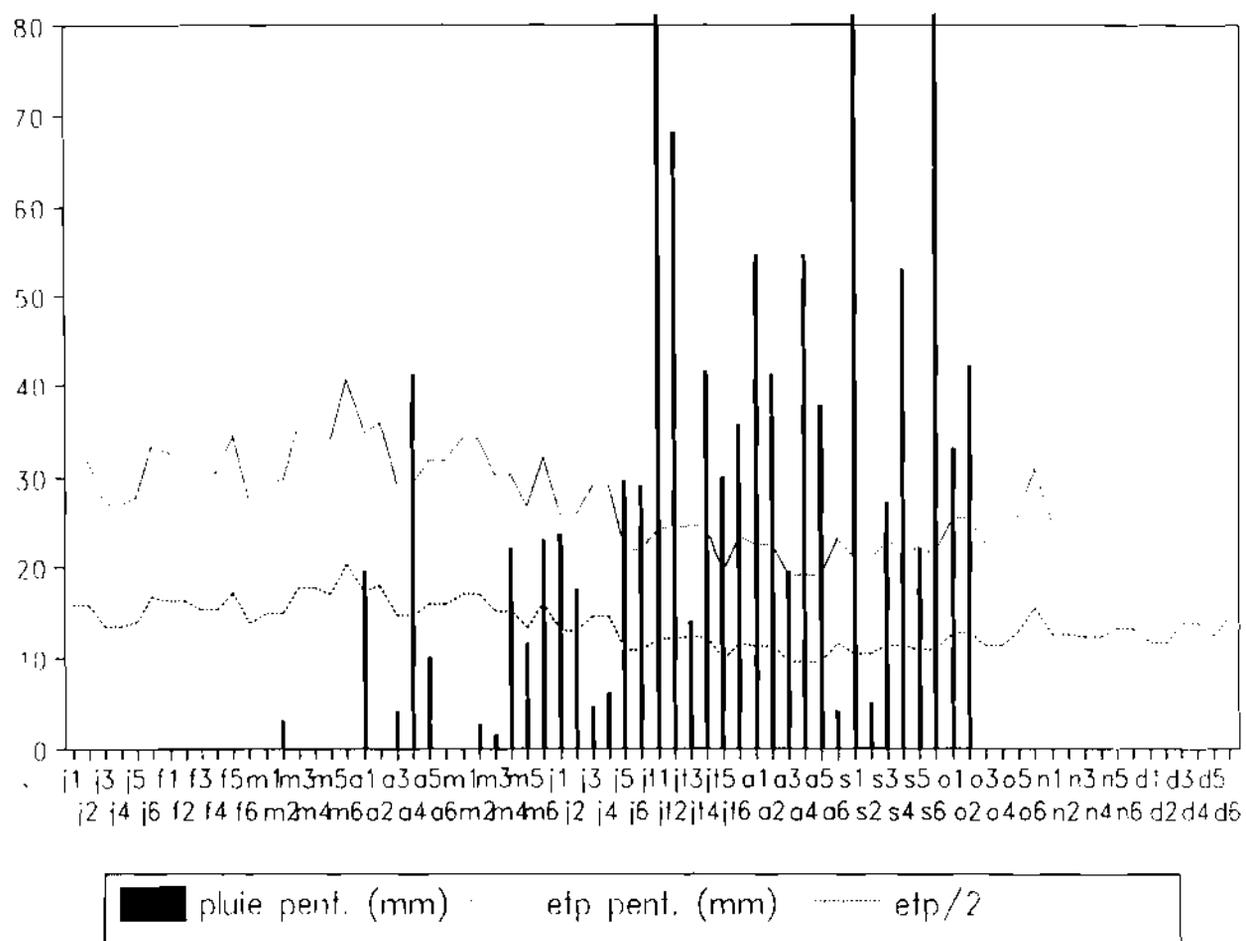


Figure 34 : Diagramme climatique pentadaire. Station de Bavouhoun, année 1996.

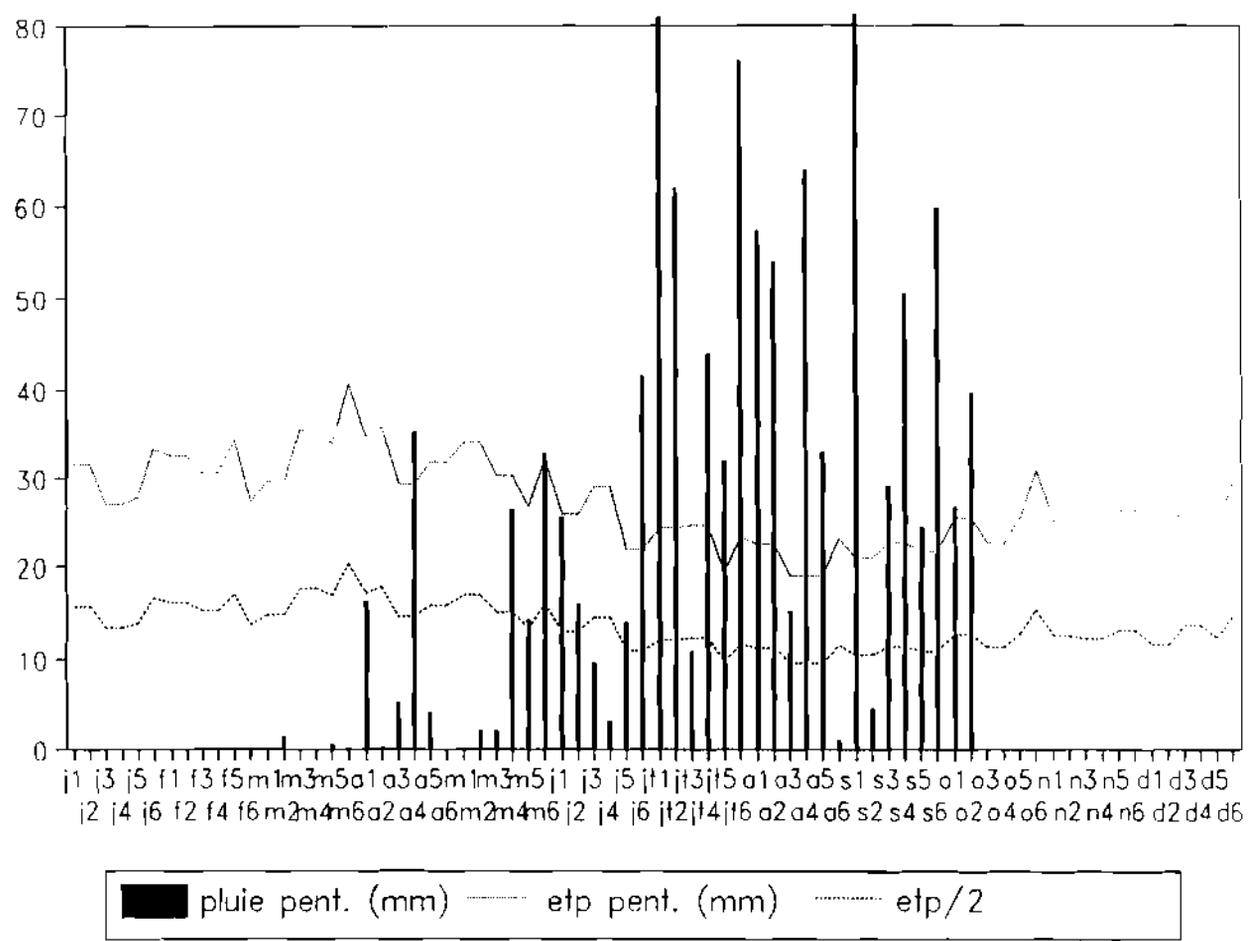


Figure 35 : Diagramme climatique pentadaire. Station de Doubassaho, année 1996.

On aurait pu s'attendre à un problème d'engorgement, mais nous n'avons observé, au cours de la saison, aucune nappe perchée dans les profils sondés sur le plateau, même dans les sols hydromorphes dès 30 cm. Cela est dû à une alternance régulière entre périodes sèche et pluvieuse au cours de la saison qui a probablement permis de limiter les effets nocifs de l'engorgement des sols en favorisant le drainage. En revanche, les adventices ont profité de cette bonne pluviométrie, ce qui a obligé certains paysans à faire un troisième sarclage pour éliminer les repousses sur les parcelles infestées.

Par contre le début de la saison a posé certains problèmes. Les premières pluies sont intervenues en Avril, mais il a fallu attendre fin mai, pour voir les pluies dépasser momentanément ETP/2, baisser dans la deuxième décennie de Juin avant de dépasser durablement ETP/2. La période de fin Mai à fin Juin a été la période intense de semis.

En fin de saison, la sécheresse s'installe durablement dès la deuxième décennie d'octobre, ce qui correspond à une saison plutôt longue.

En conclusion, cette analyse permet de préjuger d'une bonne année pour les cultures, surtout pour le sorgho et le Maïs à condition d'avoir maîtrisé l'enherbement, mais moyennement favorable pour le cotonnier (lessivage d'engrais, retard de semis, chutes de fleurs par la violence de certaines pluies, attaques de chenilles particulièrement graves).

On peut déjà considérer que la campagne 1996 sur le plateau ne permettra pas de révéler certaines contraintes comme la réserve en eau ou le ruissellement, de même que l'engorgement car les périodes excédentaires n'ont pas été d'assez longue durée. En revanche cette bonne année peut permettre d'identifier les contraintes de la fertilité d'ordre physico-chimique. A travers la qualité de l'enracinement en particulier, qui n'aura pas été soumis à une limitation hydrique.

### 6.1.2. Le Bas-Glacié

Dans le bas-glacié (distant de 20 km du plateau) la campagne 1996 a été très pluvieuse avec 1113 mm. Elle est également présentée sous forme d'un diagramme pentadaire avec deux stations d'enregistrement: Bavouhoun et Doubassaho (figures 31 et 32).

Bien que dans l'ensemble la pluviométrie ait été bonne, des irrégularités aussi bien temporelles que spatiales ont été enregistrées également.

Intervenues dès mars, c'est à la troisième décennie de Juin que les pluies dépasseront durablement ETP/2. Cependant la deuxième décennie d'Avril a connu une pluviométrie supérieure à ETP/2, mais elle est suivie d'une période sèche d'environ un mois. Les pluies qui ont permis les semis ont commencé à la troisième décennie de mai (supérieure à ETP/2). La période intense de semis s'étale donc de la deuxième décennie de mai à la première décennie de Juin, elle est suivie d'une décennie sèche qui profite au premier sarclage réalisé dans d'assez bonnes conditions.

La période d'Avril, où la pluie a dépassé ETP/2, a occasionné un semis précoce. La période sèche qui a suivi a conduit à refaire plusieurs fois les semis (surtout pour le coton) dans un milieu de plus en plus enherbé.

Les mois de Juillet, Août, Septembre et jusqu'en début Octobre ont connu une succession de pentades très pluvieuses rarement intercalées de pentades sèche (supérieures à ETP/2 mais inférieures à ETP). Cette alternance de pluies a seulement permis de limiter les effets nocifs de l'engorgement dans certaines parcelles. Nous avons observé, en cours de saison, des remontées d'eaux dès 50 cm dans certains profils, notamment dans les sols de plaine. Cette bonne pluviométrie a également profité aux adventices, en favorisant leur reverdissement et la repousse après sarclage sur les parcelles infestées. La qualité de l'enfouissement était alors primordiale cette année.

En fin de cycle, la sécheresse s'est installée brusquement et durablement à la deuxième décennie d'Octobre, donc tardivement sans poser de graves problèmes pour les cultures (même tardivement semées). Les opérations d'entretien et de traitement se sont effectuées dans des conditions humides tout au long de la saison.

L'efficacité douteuse des produits de traitement insecticide, additionnée aux pluies succédant immédiatement ces traitements (pour le coton) ont contraint les paysans à raccourcir les intervalles de traitements, sans toujours parvenir à maîtriser les ravageurs.

La saison 1996 a été certes bonne dans le bas-glacis, ce qui permet d'éliminer des contraintes comme la sécheresse, mais elle a occasionné des remontées d'eau dans certaines parcelles, induisant un problème d'engorgement. Elle a également favorisé l'installation permanentes des adventices, nécessitant des sarclages soigneusement effectués à la main avec enfouissement de ces adventices. En dépit de ces quelques contraintes d'ordre climatiques qui influencent l'installation des cultures, les contraintes d'ordre physique (état structural du sol) doivent pouvoir être identifiées.

## 6.2. OBSERVATIONS SUR LA REALISATION DES ACTES TECHNIQUES DE L'ANNEE

Les champs ont été généralement nettoyés aux mois de Janvier et Février. Ce nettoyage consiste le plus souvent à un brûlage des pailles ou tiges résiduelles, à une coupe des repousses ou à un essartage.

Les premières pluies en fin mai (19 Mai dans le bas-glacis et 27 Mai sur le plateau) permettent le début des Labours (fin mai, début Juin). Ils sont effectués soit à la charrue attelée, soit manuellement et quelques fois au tracteur. Sur l'ensemble des parcelles échantillonnées, 89% des parcelles ont reçu un travail du sol avant semis, avec 12 % des Labours en Mai et 88% en Juin. 11% n'ont pas été labouré.

Les semis se font, dans le cas des parcelles labourées, sur les billons nouvellement constitués et dans le cas des parcelles n'ayant pas été travaillé au préalable, sur les anciens billons de la culture précédente. Seulement 16% des parcelles ont été semées avant Juin et 44% ont été semées tardivement (en fin Juin, début Juillet). Alors que la réussite d'une culture dépend en partie de la précocité du semis et de la réussite de la mise en place du peuplement. En effet, CHARREAU (1972) observe que la croissance des plantes semées en début de saison des pluies est plus rapide que lors des semis tardifs.

Une seule parcelle a été traitée à l'herbicide le 08 Juin, en prélevée avec du Primagram (2,35 l/ha).

Le maïs bénéficie généralement de l'apport de fumure surtout minérale. Ainsi, toutes les parcelles ont reçu de l'engrais (NPK et Urée) à des dates différentes pour certaines parcelles et sous forme de mélange pour d'autres. Les doses vont de 84 kg/ha à 265 kg/ha selon les moyens des paysans.

Les techniques d'entretien pour le maïs comprennent les sarclages et le buttage. Si toutes les parcelles ont connu un premier sarclage, 11% sur l'ensemble des parcelles étudiées n'ont pas été sarclés une deuxième fois, 72% des parcelles ont été buttées.

Les premiers sarclages se sont déroulés dans des conditions d'enherbement moyen. Les temps entre le labour et le premier sarclage sont très variables allant de 13 Jours à 51 Jours. Seulement 33% des parcelles ont été sarclées entre 10 et 20 jours et 67% entre 3 et 8 semaines.

La fin de la saison, c'est-à-dire la récolte, est intervenue en septembre (39% des parcelles) et en octobre (61% des parcelles).

### 6.3. L'INFLUENCE DU MILIEU SUR LES CULTURES

Pour apprécier l'état de fertilité physique des situations rencontrées, nous proposons de procéder à un diagnostic cultural. L'évaluation d'une campagne agricole donnée s'effectue le plus souvent par la mesure des rendements. Ce rendement est le produit de plusieurs composantes, cependant nous retiendrons pour le maïs la décomposition simplifiée suivante, adaptée de J. WEY (à paraître):

Rendement utile (R.U) = Densité des plantes (commandée par la phase d'installation du peuplement) x le nombre d'épis utile par plante (commandé par les phases végétative et florale, et la compétition) x poids moyen d'un grain (commandé par les phases florales et maturation, et la compétition). La même décomposition peut être appliquée pour le sorgho. Notre diagnostic s'effectuera sur les deux premières phases par comparaison entre nos situations et avec des références régionales, pour mettre en exergue les interactions entre le sol et la plante.

La variété étudiée est la SR 22, vulgarisée dans la région.

Les rendements globaux varient de 1 à 6 tonnes de grains par hectare et de 1,5 à 7 tonnes de matière sèche végétative à l'hectare. L'analyse comparative se fera d'une part en mettant en évidence les facteurs qui ont influencés la phase d'installation du peuplement, d'autre part ceux qui interviennent dans la phase végétative. Le fait que toutes les parcelles soient semés sans enherbement, sauf 60 peut exclure la compétition avec les adventices au départ.

#### 6.3.1. L'installation du peuplement

Le tableau n° 7 présente les comparaisons entre les résultats de la phase d'installation du peuplement et les facteurs qui les influencent. Ils ont été classés :

- pour la densité de semis, selon ce qui est préconisé pour le SR22 « intensif » (40x80 cm) ;
- pour la densité de pieds obtenue, selon WEY (1994) ;
- la texture, selon les normes USDA ;

- pour les autres paramètres, selon une approche comparative au sein d'une situation.

Tableau n° 7. Tableau comparatif des résultats et des facteurs de l'installation du peuplement du maïs

N° Parcelle	Densité semis	Géométrie semis	pieds/poquet poussé	Homogénéité poquet	Densité de pieds	Bilan phase d'installation	Pluie après semis	Texture	Stabilité structurale 0-20	Lab av ser
6	+	l	+	+	++	+	++	L	-	av
9	++	ll	-	--	++	-	--	SL	?	'
16	+	cc	-	+	++	+	+	L	?	'
21	++	ll	+	+	++	++	++	LS	?	'
23	+	c	--	--	-	--	-	L	++	'
36	+	l	+	-	++	+	++	LS	?	'
37	-	c	+	+	+	+	++	L	++	'
41	++	l	--	--	-	--	+	LS	--	'
45	++	c	-	--	+	-	+	L	+	'
54	+	c	++	-	++	+	++	LS	-	'
55	+	c	-	-	+	-	++	LS	-	'
58	+	l	++	-	++	+	+	SL	-	'
59	--	c	-	-	-	--	++	SL	-	'
60	+	c	-	-	+	-	--	SL	-	sa
62	-	l	+	+	+	+	++	SL	-	av

++ : très fort (très bon)    + : fort (bon)    - : faible    -- : très faible

### géométrie du semis (figure 33)

Le nombre de poquet par mètre carré varie de 2,5 à 4 poquets. Il conditionne la densité de semis et donne la géométrie du semis. Les parcelles étudiées dans leur ensemble ont une densité proche de celle préconisée pour le SR22 "intensif" (40 cm x 80 cm, soit 3 poquets par mètre carré). Seules les parcelles (9 et 21) ont une densité plus élevée et la parcelle (59) une densité très faible. Le signe (l) dans le tableau signifie que l'écartement entre deux lignes de semis et deux poquets (soit 4 poquets) forme un rectangle et le signe (c) donne une forme plutôt carrée.

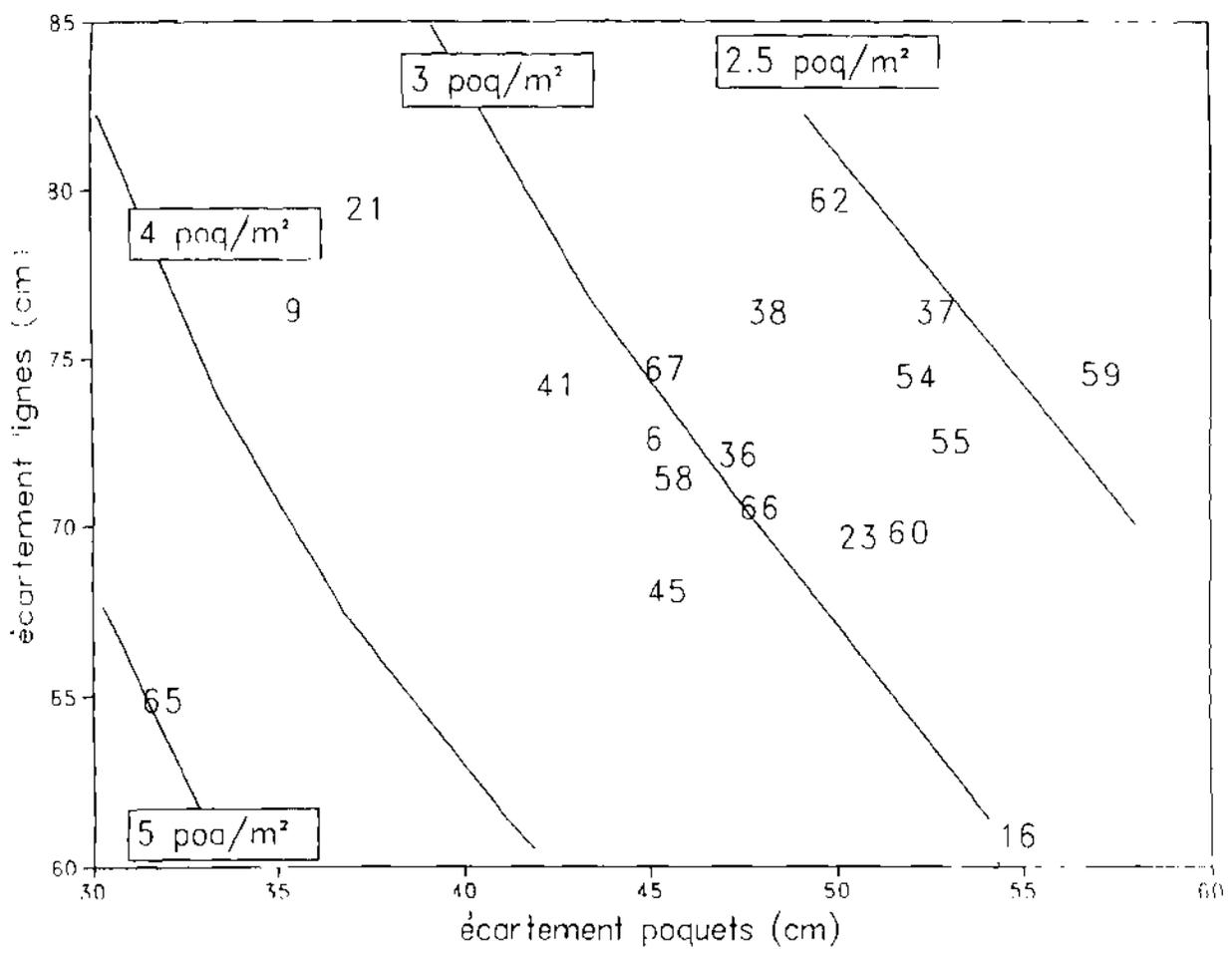


Figure 33 : Géométrie du semis de maïs.

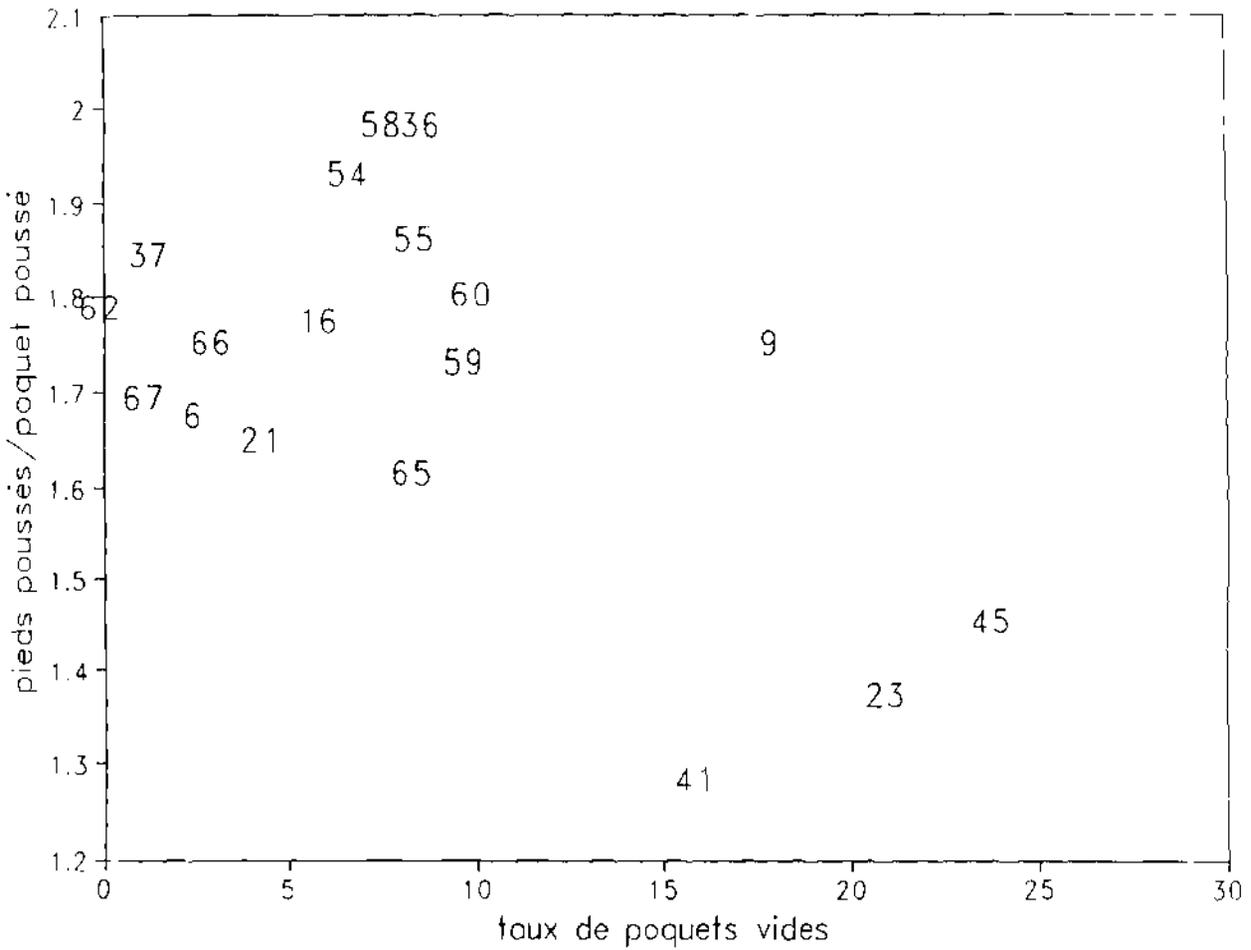


Figure 34 : Accidents d'établissement du peuplement du maïs.

### Densité de pieds (Figure 37)

Elle est le résultat de la phase d'installation du peuplement et dépend de la densité de semis, du taux de germination, du manque à la levée. Il n'y a généralement pas de semis complémentaire. Les densités des pieds des situations étudiées varient entre 3 et 5,5 pieds /m<sup>2</sup>. Les travaux de WEY (1994) dans la région ouest du Burkina situent l'optimum de densité en pieds entre 3,5 et 5,8 pieds / m<sup>2</sup> pour un rendement objectif supérieur ou égale à 8 tonnes/ha.

A partir de cette référence, nous pouvons constituer trois classes en fonction de la densité des plantes.

- Les très bonnes densités des plantes (parcelles 6, 9, 16, 21, 36, 54 et 58). Elles varient de 4,5 et 5,5 pieds /m<sup>2</sup>;
- Les bonnes densités entre 3,5 et 4,5 pieds/m<sup>2</sup>. Il s'agit des parcelles (37, 45, 55, 60, et 62);
- Les faibles densités (23, 41 et 59) qui se situent entre 2,5 et 3,5 pieds / m<sup>2</sup>.

Dans l'ensemble, ces densités restent faibles eu égard à ce qui est préconisé pour le SR 22 « intensif »(2 pieds tous les 40 x 80 cm soit 6,25 plantes/m<sup>2</sup>). Mais les agronomes considèrent dans la région qu'un peuplement ni limitant, ni excessif s'obtient autour de 4 pieds/ m<sup>2</sup> en conditions de culture paysanne (RUIZ, comm. Pers.). Ce qui se vérifie pour la deuxième classe.

Nous pouvons alors considérer la troisième classe comme, à priori,défavorisée par une faible densité de plantes.

Quelles peuvent être les causes de cette insuffisance de plantes ?

Les parcelles 23, 41 et 45 ont connu un fort taux de manque à la levée occasionné par un taux assez élevé de poquets vides (figure 34). Ce manque a été causé par une sécheresse (peu de pluie sur un sol limoneux) qui a succédé les semis (23) malgré sa bonne stabilité, ce qui n'a donc pas permis à toutes les graines de germer. La parcelle 41 a reçu une pluviométrie suffisante sur un sol limoneux de très mauvaise stabilité, ce qui a probablement occasionné un colmatage des particules constitutives du sol, entraînant l'asphyxie du sol, d'où une mauvaise germination des graines. Quant à la parcelle 59 , malgré sa très bonne pluviométrie, elle a une mauvaise stabilité sur un sol sablo-limoneux.

Ces parcelles ont ainsi connu d'importants accidents d'installation du peuplement. D'autres ont connu des accidents relatifs. Il s'agit des parcelles 9 (occasionné par une très mauvaise pluviométrie après semis), 55 (malgré sa très bonne pluviométrie, elle a une mauvaise stabilité sur un sol limono-sableux), 60 (elle a une très mauvaise pluviométrie et une mauvaise stabilité sur sol sablo-limoneux sans labour avant semis).

En outre des parcelles comme 54, 58 et 62 ont des mauvaises stabilités mais une assez bonne installation du peuplement due à leur très bonne pluviométrie.

L'étude comparative que nous venons de faire, révèle que dans des cas de pluie juste suffisante, une très mauvaise stabilité sur des sols limoneux pose de sérieux problèmes pour la culture de maïs (exemple parcelle 41). De même que malgré une très bonne pluviométrie, une mauvaise stabilité sur sol sableux occasionne des problèmes d'installation du peuplement (exemple 59). Et également une mauvaise pluviométrie malgré une très bonne stabilité sur sol limoneux pose des problèmes à l'installation du peuplement du maïs (parcelle 23). Enfin une mauvaise pluviométrie additionnée d'une mauvaise stabilité du sol entraîne inéluctablement une mauvaise installation du peuplement.

Néanmoins dans certains cas (sols sableux) une bonne pluviométrie limite les effets négatifs de la mauvaise stabilité structurale.

Nuançons néanmoins cette analyse : il serait bon de mieux suivre la période de levée car d'autres problèmes peuvent se poser : consommation de graines par les oiseaux, semis défectueux etc.

### 6.3.2. La phase végétative

#### **Enracinement (Tableau 8)**

Pour le maïs, l'enracinement, la consommation d'eau et d'éléments nutritifs sont particulièrement importants dans les couches de surface du sol. Il n'en demeure pas moins qu'un système racinaire profond est favorable à l'alimentation hydro-minérale de la plante en période de sécheresse (MAERTENS, 1964).

L'épaisseur moyenne de la couche travaillée du sol, dans les parcelles étudiées varie entre 6 et 15 cm. Sur cette couche le taux d'exploration des racines est élevé (60 à 95%) à l'exception de la parcelle 23 qui n'exploite que 47% de sa couche supérieure.

Elle constitue avec la parcelle 21, les parcelles à très faible profondeur d'enracinement (25 cm et 35 cm). Les profils culturaux dans ces parcelles montrent qu'elles sont hydromorphes en surface (dès les 20 premiers cm). Ces parcelles ont aussi une mauvaise porosité, limitant ainsi l'aération des racines. L'hydromorphie a donc empêché l'évolution des racines.

Les parcelles 6, 16, 45, 59 et 62 ont également des faibles profondeurs d'enracinement (inférieur à 50 cm) et exception faite de la parcelle 59, le bilan global montre un faible enracinement dans ces parcelles.

L'hydromorphie dans ces parcelles se situe vers 50 et 60 cm de profondeur, limitant ainsi l'enracinement dans ces parcelles. Cependant le sol de la parcelle 16, loin d'être hydromorphe, présente une cuirasse à 40 cm limitant la progression des racines.

D'une façon générale, l'observation des profils, montre que les racines du maïs évoluent en forme d'entonnoir (nombreuses en surface et décroissent en profondeur). Les racines sont plus nombreuses sous la butte (ou sous tige) et faiblement présentes dans les interlignes. L'absence des racines dans les interlignes (surtout de l'horizon travaillé) est due au simple fait que l'interligne n'est occupé que par la terre issue de l'effritement des sommets de butte par les pluies, la quelle terre a formé un phénomène de lissage dans les interlignes.

Tableau n° 8. Tableau des resultats et des facteurs de l'enracinement du maïs

N° Parcelle	Taux d'exploration de l'horizon travaillé (0-10cm)	Taux d'exploration racinaire (10-20 cm)	Profondeur d'enracinement	Bilan de l'enracinement	Épaisseur horizon travaillé	Porosité globale (0-10 cm)	Porosité globale (10-20 cm)	Texture	Profondeur d'hydromorphie ou cuirasse
6	++	+	-	+	-	+	-	L	-
9	+	++	+	++	+	--	-	SL	+
16	++	-	--	-	+	++	-	L	--
21	+	-	--	--	-	+	-	LS	--
23	--	--	--	--	+	+	-	L	--
36	++	+	+	++	--	+	-	LS	+
37	-	+	+	+	--	++	+	L	++
41	+	-	+	+	+	--	--	LS	+
45	+	-	-	-	+	++	++	L	-
54	++	+	++	++	+	-	-	LS	++
55	++	-	+	++	-	-	-	LS	+
58	++	-	++	++	++	-	--	SL	++
59	++	-	-	+	+	-	-	SL	-
60	-	+	+	+	++	-	-	SL	+
62	-	-	-	--	++	+	-	SL	-

++ : très bon (très fort)    + : bon (fort)    - : faible    -- : très faible

#### Pieds non fructifiés (figure 35)

Il s'agit d'une composante liée à des accidents de développement dans des conditions globalement très défavorables. Le taux de pieds non fructifiés est inférieur à 7%. Ce taux est relativement très faible si bien que son incidence sur les variations de rendements sera faible. Il est souvent lié à des symptômes de nanisme: 55 (beaucoup enherbé occasionnant des compétitions); 6 (mauvaise structure) ; 21 (hydromorphie dès la surface et très mauvais enracinement).

#### Taux d'épis nains (figure 36)

Cette composante est liée aux avortements des épis. Ce taux est relié au nombre d'épis totaux par pieds fructifié, avec cependant un taux élevé d'épis nains. Certaines (23 surtout) bien qu'ayant un fort taux d'épis nains, sont compensées par leur nombre élevé d'épis totaux. Il est tout à fait logique, qu'une plante possédant un grand nombre d'épis compte parmi eux assez d'épis nains.

La parcelle 21 est également considéré comme ayant un fort avortement. Elle a un taux d'épis nains moyennement élevé et très peu d'épis totaux. Le très faible enracinement (21.23) peut entraîner les taux élevés d'épis nains. En effet, les racines par leur faible taux d'exploration n'assurent pas à tous les épis initiés, une nutrition convenable. Certains épis seront alors laissés pour compte, ce qui va entraîner leur nanisme.

Le cas particulier de la parcelle 37 qui malgré ses bonnes conditions se retrouve avec un fort taux d'avortement peut-être dû à une faible profondeur de travail du sol.

### **Matière sèche végétative ( MS ; figure 38)**

Elle est le résultat de la phase végétative. Elle dépend de l'installation du peuplement et de l'enracinement. Les résultats sont regroupés dans le tableau n° 9. Les facteurs qui influencent cette phase sont entre autres : la structure du sol, les apports d'engrais (pour la nutrition des plantes), l'enherbement (qui occasionne les compétitions), la profondeur du travail du sol (qui joue sur l'enracinement). On rencontre des situations jugées mauvaises (très faible ou faible matière sèche) et des situations plutôt bonnes.

Le très faible taux de MS de la parcelle 16 est assez difficile à expliquer. Cependant on peut se référer à sa très faible profondeur d'enracinement due à la faible profondeur de son horizon hydromorphe. Quant à la parcelle 23, elle a une très faible installation de peuplement, un très faible enracinement, sur un sol à hydromorphie de surface et moyennement enherbé (problème de compétition avec les adventices). La parcelle 62 a également un très faible taux de MS végétative qui peut être dû à son faible enracinement doublé d'une forte compétition avec les mauvaises herbes et une faible dose d'engrais. La stabilité du sol est aussi faible.

Les parcelles de situations moins mauvaises et les causes probables sont :

la parcelle 6 dont le faible taux de MS végétative s'explique probablement par la faible dose d'engrais reçu, la faible profondeur de son horizon travaillé et la faible stabilité du sol ;

la parcelle 9 qui a une faible installation de peuplement, une faible dose d'engrais et une faible porosité ;

la parcelle 21 ; elle a une faible profondeur du travail du sol, une très faible dose d'engrais. C'est une parcelle à hydromorphie de surface (d'où son faible enracinement) ;

la parcelle 45 à faible installation du peuplement, faible dose d'engrais et un fort enherbement

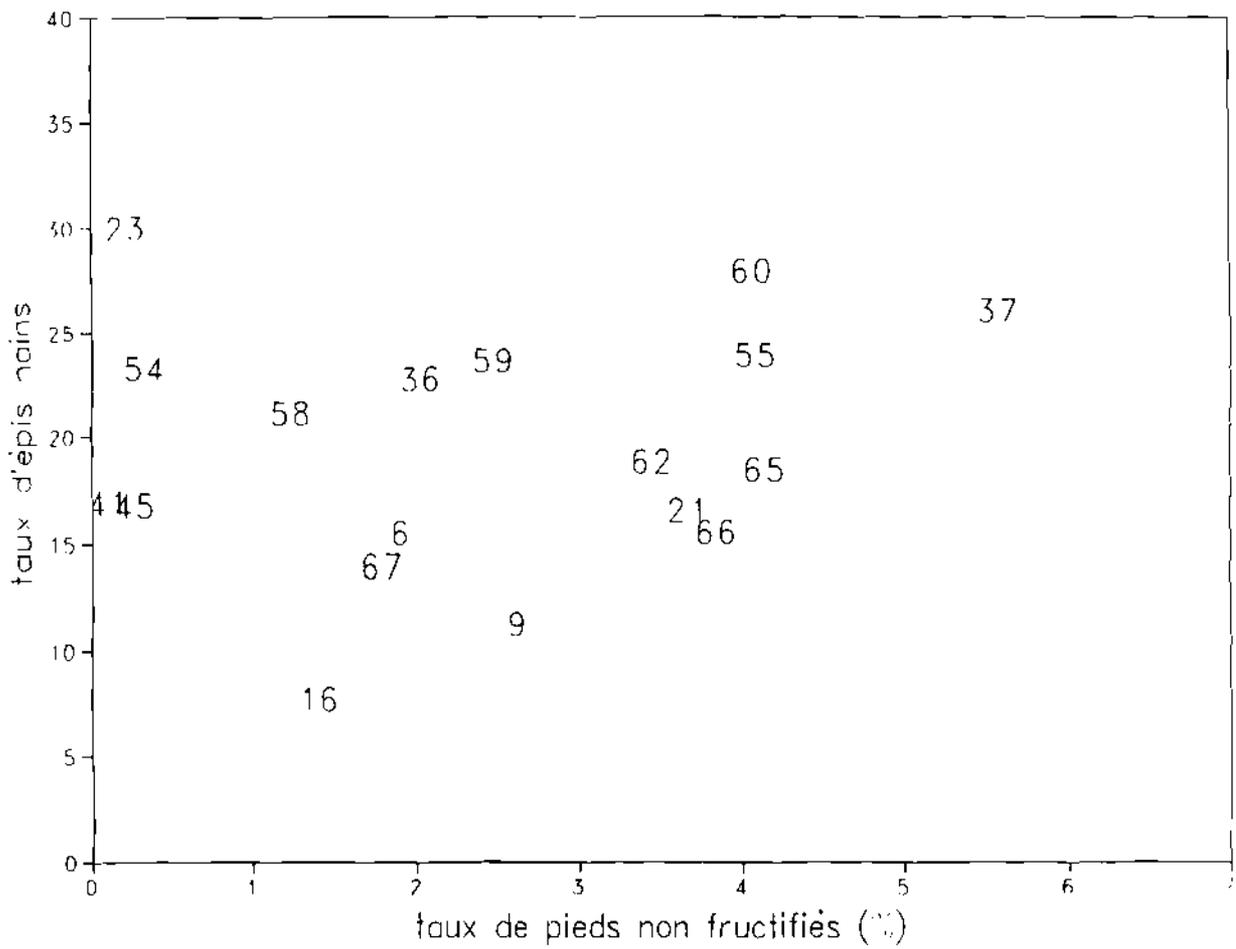


Figure 35: Taux de pieds non fructifiés.

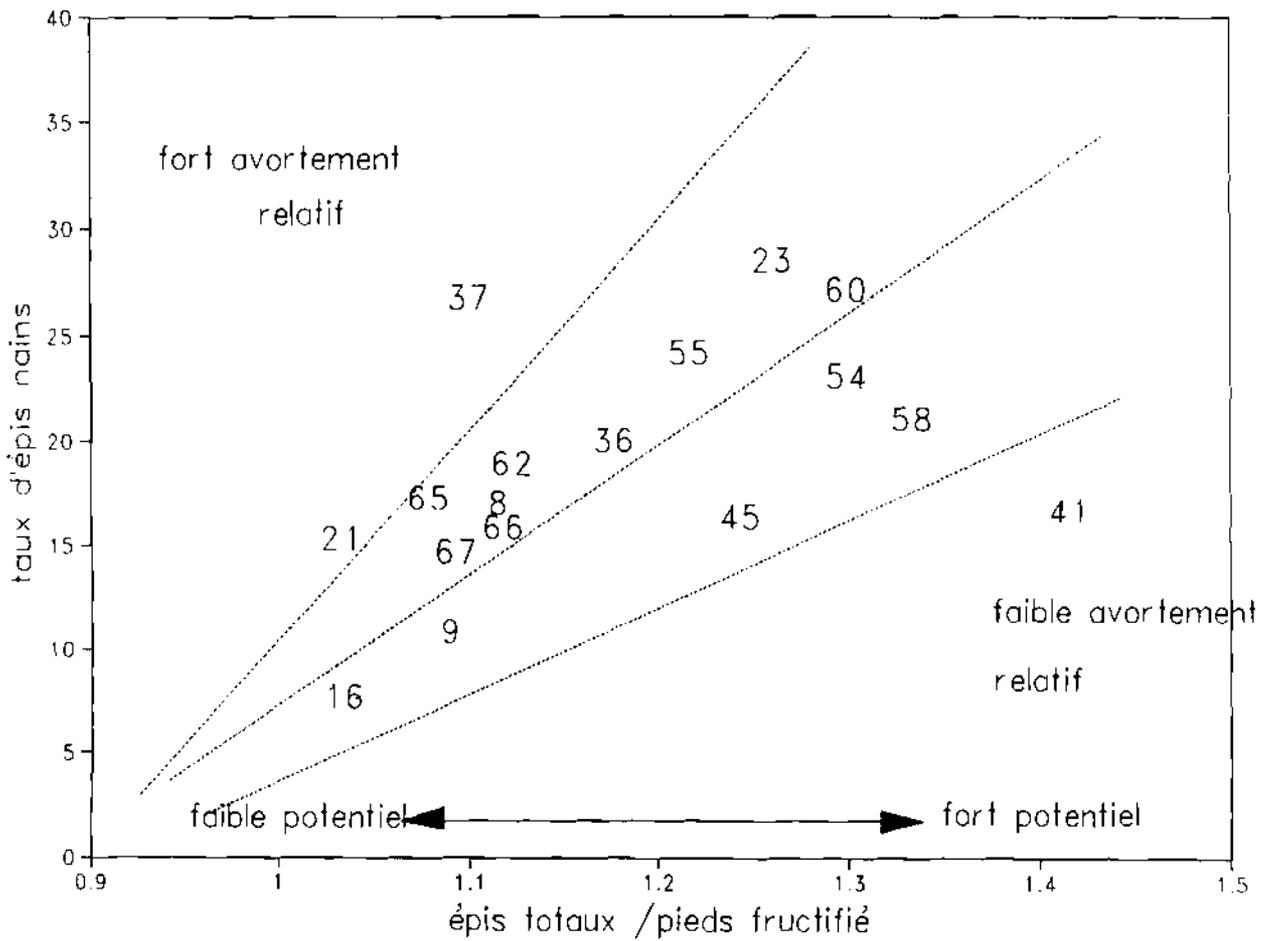


Figure 36: Production potentielle d'épis et accidents d'épiaison (épis nains).

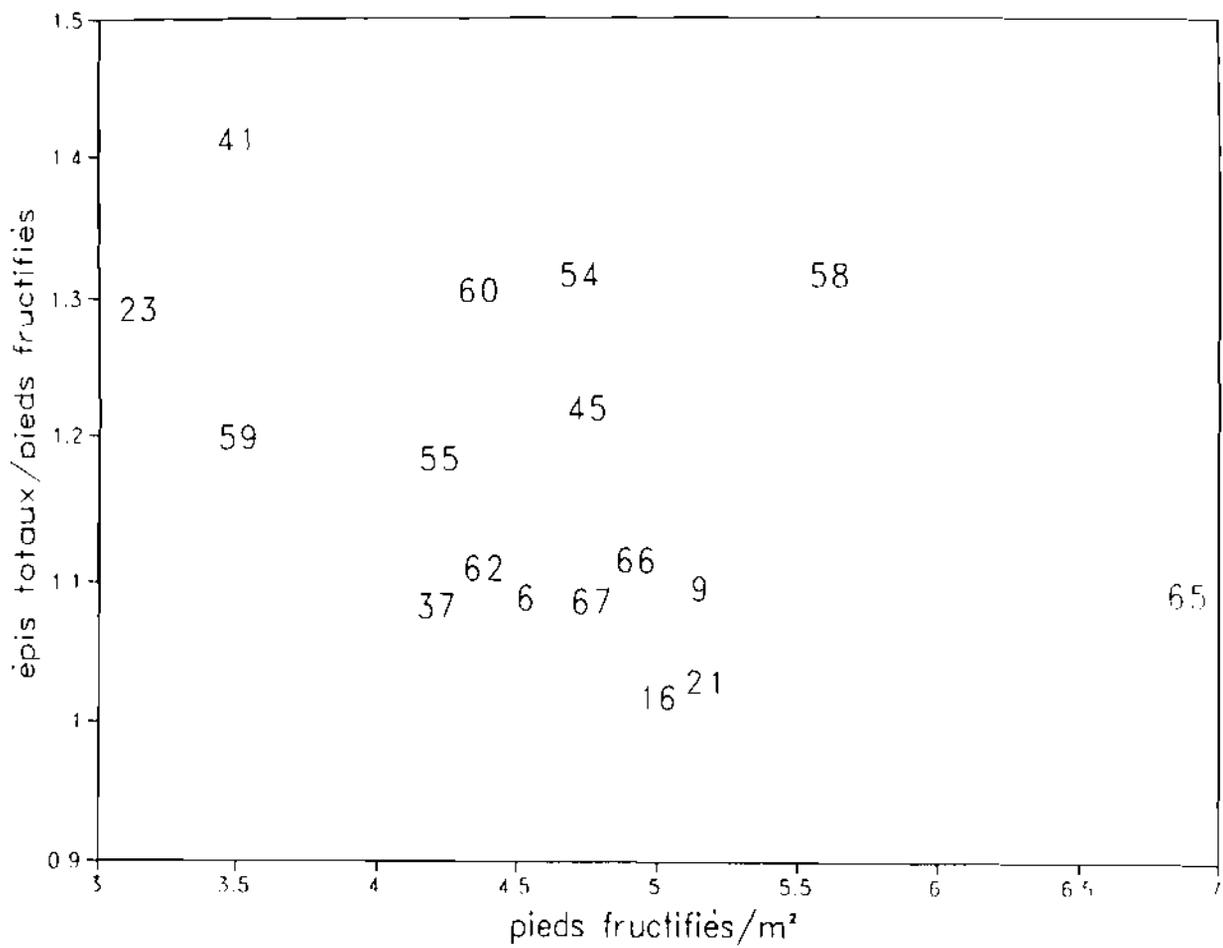


Figure 37 : Productivité de l'épiaison en fonction de la densité de pieds.

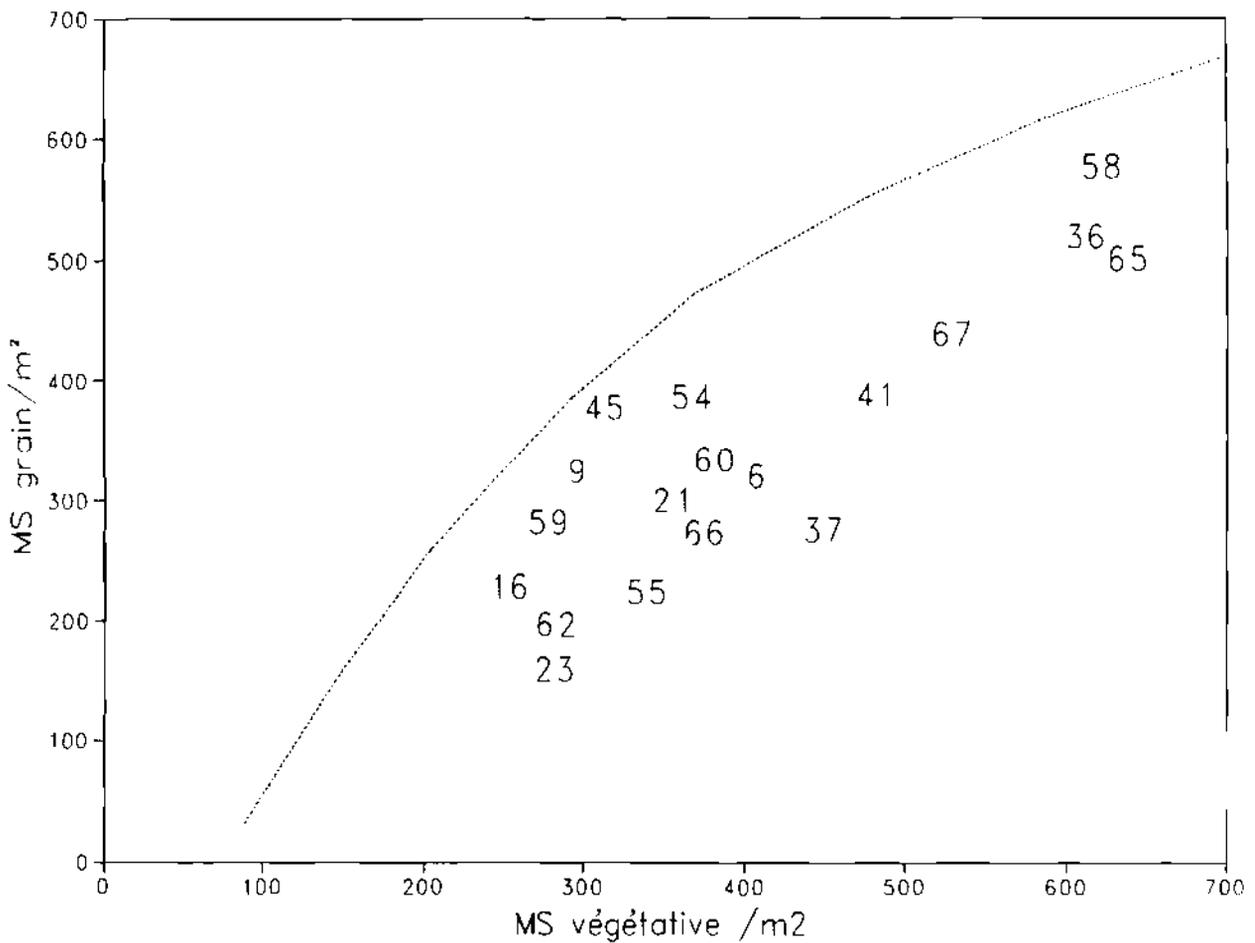


Figure 38 : Diagramme rendement grain / rendement matière sèche aérienne

les parcelles 54, 55 et 60. Elles ont surtout une forte compétition avec les adventices et une mauvaise structure du sol ;

la parcelle 59 enfin avec une très faible installation du peuplement, une faible dose d'engrais et une mauvaise structure.

Les bonnes situations (37, 41, 36 et 58) sont, en effet dues soit à des bonnes installations du peuplement avec faible compétition de mauvaises herbes, soit à de fortes doses d'engrais avec faible compétition.

Cependant il faut reconnaître que le problème des ravageurs (oiseaux) n'a pas pu être pris en compte.

Tableau n° 9. Tableau comparatif des résultats et des facteurs de croissance du peuplement du ma

N° Parcelle	Bilan phase d'installation	Bilan de l'enracinement	Nombre d'épis totaux / pied fruct	Reussite des épis	Matière sèche végétative	Stabilité structurale	Porosité globale (0-10 cm)	Porosité globale (10-20 cm)	Engrais	Efficacité du désherbage	Profondeur du travail du sol
6	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-
9	-	++	-	-	-	?	--	-	-	+	+
16	+	-	--	-	--	?	++	-	+	+	+
21	++	--	--	--	-	?	+	-	--	+	-
23	--	--	++	-	--	++	+	-	++	-	+
36	+	++	-	-	++	?	+	-	-	+	--
37	+	+	-	--	+	++	++	+	+	+	--
41	--	+	++	++	+	--	--	--	++	+	+
45	-	-	-	+	-	+	++	++	-	--	+
54	+	++	+	+	-	-	-	-	++	--	+
55	-	++	-	-	-	-	-	-	-	--	-
58	+	++	+	+	++	--	-	--	-	+	++
59	--	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+
60	-	+	-	-	-	-	-	-	++	--	++
62	+	--	-	-	--	-	+	-	-	--	++

++ : très bon (très fort)

+ : bon (fort)

- : faible

-- : très faible

## CONCLUSION GENERALE.

La région de Bondoukui, située à la limite nord du climat sud-soudanien, est caractérisée dans ces vingt dernières années par des irrégularités pluviométriques aussi bien dans le temps que dans l'espace. Elle est également caractérisée par deux zones qui se différencient par la texture de leur sol :

- Le plateau à substratum gréseux, dont le modèle est constellé de glacis cuirassés à faibles pentes. Les sols, à squelette sableux et à matrice kaolinitique, présentent dans les conditions naturelles, de très faibles aptitudes à la structuration, consécutivement au taux d'argile faible.
- Le bas-glacis à substratum également gréseux se caractérise par des surfaces planes à pente inférieure à 2%. Les sols sont plutôt argileux, de stabilité structurale un peu plus élevée.

Une pression agricole, suite à un afflux migratoire et à une vulgarisation de la mécanisation, s'exerce intensément dans cette région située dans la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso.

Les travaux de la présente étude ont été effectués dans le cadre du programme "jachère" mené par le CNRST, l'ORSTOM et l'IDR. Cette étude vise à caractériser les états structuraux des sols sous l'influence des systèmes de culture, en particulier en fonction de la place de la jachère.

L'étude de la stabilité structurale des sols, à travers le taux d'agrégats stables à l'eau obtenue au bout d'une heure de tamisage standardisé dans l'eau, permet de mettre en évidence certaines relations.

L'argile apparaît positivement corrélée avec le taux d'agrégats stables, en assurant une meilleure cohésion du sol vis-à-vis des processus de dégradation mécanique dans l'eau. Quant au rôle spécifique de la matière organique sur l'état structural du sol, il apparaît que ce dernier est beaucoup plus fonction de la nature de la matière organique (exemple polysaccharides) qui conditionne son pouvoir agrégeant.

En effet, dans les Jachères naturelles où les teneurs en polysaccharides sont élevées, le taux élevé de matière organique entraîne un taux d'agrégats stables élevé.

L'analyse de la stabilité structurale des sols cultivés d'âges différents, et des sols sous jachères naturelles, permet de montrer l'influence des systèmes de culture sur les états structuraux des sols. On observe, une baisse irréversible de la stabilité avec la mise en culture. Par contre, dans les Jachères naturelles, on note un accroissement de la stabilité structurale des sols en fonction de l'âge de celles-ci. Les Jachères de longue durée améliorent la stabilité des sols.

L'étude de la porosité globale a montré le rôle de l'argile sur la porosité globale de l'horizon de surface dans les sols plus argileux. Quant à l'influence des systèmes de culture sur la porosité globale du sol, la présente étude n'a observé aucune influence particulière.

La Jachère constitue, à tout point de vue, le moyen efficace pour améliorer la fertilité globale du sol. Elle assure particulièrement la meilleure stabilité des agrégats terreux à la désagrégation dans l'eau. Mais sa pratique dans la région de Bondoukui devient très limitée à cause de la pression foncière.

L'influence des facteurs du milieu sur les cultures de la campagne 1996 a révélé que le climat (pluviométrie) a causé des problèmes en début de cycle sur la phase d'installation du peuplement. Par contre au cours de la saison cette pluviométrie a été bonne dans l'ensemble. Quant aux états structuraux, ils se sont relevés assez influents non seulement au cours de l'installation des plantes, mais aussi pendant leur croissance.

Néanmoins, nous pouvons *a priori*, dire que le niveau d'état structural faible des sols étudiés n'est pas dramatique pour la culture du maïs par exemple. Il est assez limitant pour les sols limoneux, mais sur des sols sableux, cette contrainte est faible.

L'examen de l'ensemble des résultats nous amène à formuler un certain nombre de perspectives et recommandations pour l'avenir des recherches en matières de gestion durable de la fertilité de ces sols.

- Il serait nécessaire d'étudier les effets spécifiques des pratiques culturales sur les états structuraux de ces sols.
- Aussi une étude plus approfondie de l'influence des systèmes de culture de la région sur la résistance à la pénétration et la rugosité des sols, pourrait être envisagée.

- Il apparaît clair, au vu des résultats, que les réflexions futures peuvent être menées sur les processus biologiques de l'agrégation des sols cultivés.
- Les contraintes liées aux caractéristiques chimiques des sols, défavorables aux différents systèmes de culture peuvent être étudiées en vue de proposer des solutions.

Pour limiter les échecs d'installation du peuplement du maïs, sur des sols d'état structural dégradé, nous préconisons un suivi assez régulier de l'évolution de la culture et que des resemis précoces puissent être fait au cas où il y aurait des poquets vides. A défaut de resemis précoces, les poquets vides peuvent être semés soit avec des légumineuses ou d'autres cultures (mil par exemple). Habituellement les paysans sèment deux graines par poquet, une autre possibilité pour éviter les poquets vides, serait de semer sur les milieux dégradés 3 graines, quitte à faire un démarriage par la suite, si toutes les graines ont germé.

Il reste entendu que pour une bonne gestion de la fertilité physique des sols, le maintien d'une couverture végétale du sol, plus précisément, la pratique de la Jachère naturelle ou améliorée, devrait occuper une place de choix dans les systèmes de culture. Car les Jachères conditionnent l'activité biologique (vers de terre, termites....) et permettent de restaurer d'une façon globale la fertilité du sol.



## **BIBLIOGRAPHIE**

## BIBLIOGRAPHIE

- **ASSELINE (J.), VALENTIN (C.), 1978.-** Construction et mise au point d'un infiltromètre à aspersion. Cahiers ORSTOM. Sér. Hydrol. 15 (4) : 321-349.
- **Atlas Jeune Afrique, 1993.-** Burkina Faso. Edition Jeune Afrique, 54 p.
- **BACYE (B.), 1993.-** Influence des systèmes de culture sur le statut organique et minéral des sols ferrugineux et hydromorphes de la zone soudano-sahélienne. Thèse de docteur de l'université d'Aix-Marseille III. ORSTOM, Montpellier. 243 p.
- **BAIZE (D.), 1988.-** Guide des analyses courantes en pédologie. INRA, Paris. 172 p.
- **BARTOLI (F.), PHILIPPY (R.) et BURTIN (G.), 1988.-** Aggregation in soil with small amounts of swellig clays. I: Aggregate stability. Journal of Soil Science, 39,pp. 593-616.
- **BLIC (P. DE), 1987.-** Analysis of a cultivation profile under sugarcane : methodology and results. In : Land development and management of acid soils in Africa. IBSRAM Proceedings, n° 7, Bangkok. 275-285.
- **BLIC (P.DE), 1990.-** L'examen du profil cultural : un outil pour mieux comprendre le comportement du sol soumis à des travaux aratoires. In : Organic matter management and tillage in humid and subhumid Africa. IBSRAM Proceedings, n° 10, Bangkok. 385-399.
- **BLOIN (M.), PHILIPPY (R.) et BARTOLI (F.), 1990.-** Dossier de valorisation d'un prototype de désagrégation des sols. Enveloppe Soleau n° 37038.
- **BOYER (J.), 1982.-** Les sols ferallitiques : Facteurs de fertilité et utilisation des sols. Tome X, ORSTOM, Paris. 383 p.
- **BUNASOLS, 1990.-** Manuel pour l'évaluation des terres du Burkina Faso. Doc. Technique n° 7, Ouagadougou, 181 p.
- **CALLOT (G.), CHAMAYOU (H.), MAERTENS (C.) et SALSAC (L.), 1982.-** Mieux comprendre les interactions sol-racine. Incidence sur la nutrition minérale. INRA, Paris. 325 p.
- **CASENAVE (A.), 1982.-** Le mini simulateur de pluie : conditions d'utilisation et principes d'interprétation des mesures. Cahiers ORSTOM. Sér. Hydrol. 19 (4) : 207-227.
- **CHARREAU (C.) et NICOU (R.), 1971.-** L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche ouest-africaine et ses incidences agronomiques. Chap.IV. Les effets de l'intervention humaine sur le profil cultural et les rendements agricoles : le travail du sol avec ou sans enfouissement de matière végétale. Agron. Trop., 26 : 1183-1247.
- **CONCARET (J.), 1967.-** Etude des mécanismes de la destruction des agrégats de terre au contact de solutions aqueuses. Ann. Agron. 18 (1) : 65-90

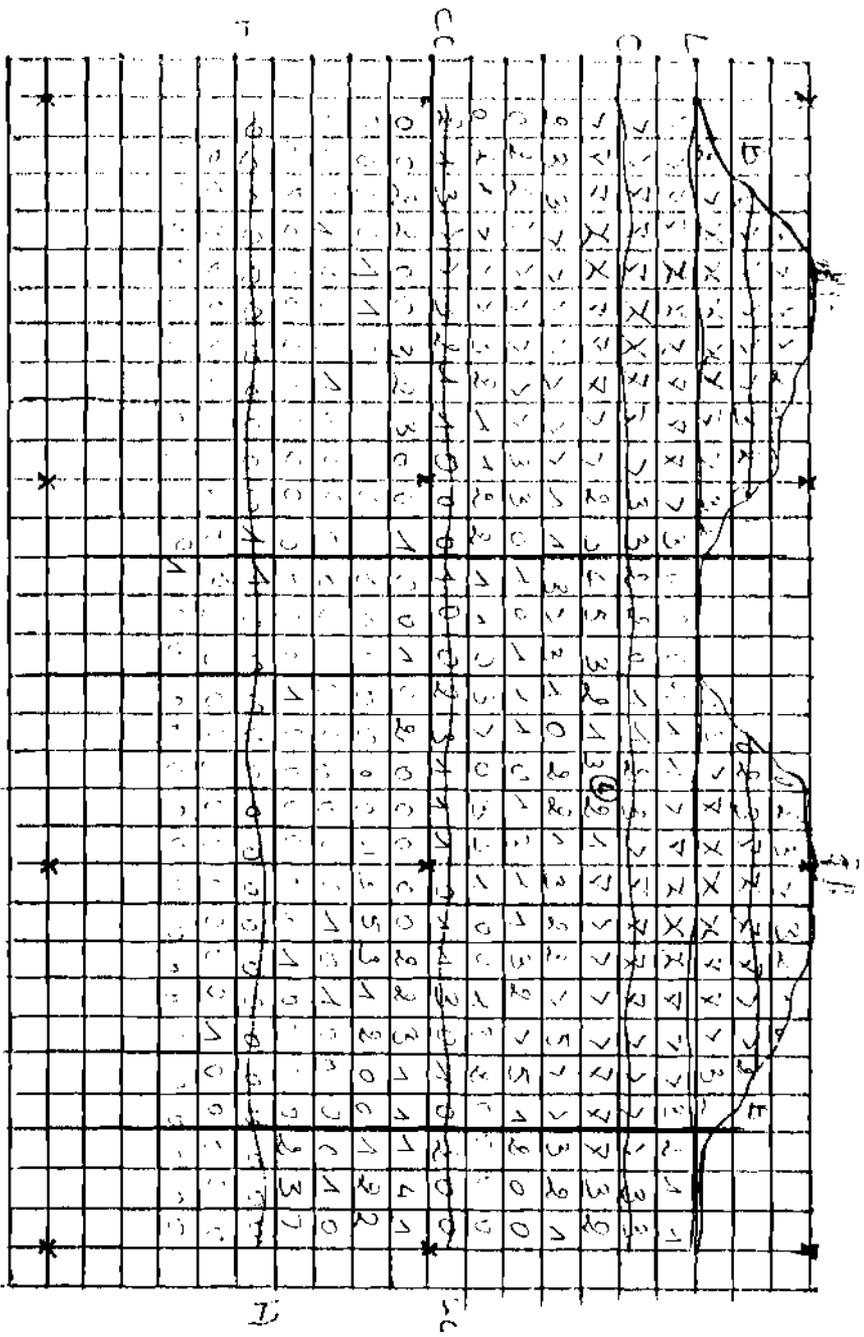
- **COULOMB (I.), CANEILL (J.), MANICHON (H.), 1993.-** Comportement du sol au labour : Evolution de l'état structural au cours du labour. Agronomie. Vol 13. (6) : 441-560.
- **DEMOLON (A.), LEROUX (J.L.), 1936.-** Guide expérimental pour l'étude du sol. 1 Vol. Gauthier Villars, Paris.
- **DEVINEAU (J.L.), FOURNIER (A.), SERPANTIE (G.), 1993.-** SALT, site de Bondoukui.
- **DEVINEAU (J.L.), FOURNIER (A.), KALOGA (B.), 1993.-** Les sols et la végétation de la région de Bondoukui (sud-ouest Burkinabé).
- **FELLER (C.), LAVELLE (P.), ALBERCHT (A.) et NICOLARDOT (B.), 1993.-** La jachère et le fonctionnement des sols tropicaux. Rôle de l'activité biologique et des matières organiques. Quelques éléments de réflexion. In : La jachère en Afrique de l'ouest. Atelier international, Montpellier du 2 au 5 Décembre 1991. Edition de l'ORSTOM. pp : 15-32.
- **FELLER (C.), MILLEVILLE (P.), 1977.-** Evolution des sols de défriche récente dans la région des terres neuves (Sénégal Oriental). I. Présentation de l'étude et évolution des principales caractéristiques morphologiques et physico-chimiques. Cah. ORSTOM. Sér. Biol., 12 (3) : 199-211.
- **FIES (J.C.), 1984.-** Analyse de la répartition du volume des pores dans les assemblages argile-squelettes : comparaison entre un modèle d'espace poral textural et les données fournies par la porosimétrie au mercure. Agron., 4 (9), pp. 891-899.
- **FRANQUIN (P.), 1984.-** Adaptation des mils et sorghos à la photopériode, au parasitisme et à la capacité hydrique du sol. In : Agrometeorology of sorghum and millet in the semi-arid tropics. Proceeding of the International Symposium. ICRISAT Center, Patancheru, India 15-20 November 1982.
- **GAUTRONNEAU (Y.), MANICHON (H.), 1987.-** Guide méthodologique du profil cultural. CEREF - GERRA, 71 p.
- **GODEFROY (J.) et JACQUIN (F), 1975.** Relation entre la stabilité structurale des sols cultivés et les apports organiques en conditions tropicales; comparaison avec les sols forestiers. Fruits, 30 (10), pp. 595-613.
- **GUINKO (S.), 1984.-** Végétation de la Haute-Volta. Tome 1, Doctorat d'état es-sciences naturelles, Université de Bordeaux III, 318 p.
- **GUILLOBEZ (S.), RAUNET (M.), 1979.-** Carte morphopédologique au 1/100000, Haute Vallée de la Volta Noire, schéma directeur d'aménagement. IRAT - CESAR.
- **GUILLOBEZ (S.), 1985.-** Milieux naturels du Burkina Faso. IRAT., Service de pédologie cartographie.

- **GUIRA (T.), 1988.**- Intensification de la culture de sorgho en sol ferrugineux. Etude des effets induits des techniques culturales sur la fertilité des sols. Mem. fin d'étude. ISN / IDR. U.O. 96 p.
- **HENIN (S.), 1976.**- Cours de physique du sol. Vol.1, Initiations-Documentations Techniques N° 28, Ed. ORSTOM. Paris, 159 p.
- **HENIN (S.), GRAS (R.) et MONNIER (G.), 1969.**- Le profil cultural. L'état physique du sol et ses conséquences agronomiques. Masson et cie, 2è édition, Paris, 329 p.
- **KIEMA (S.), 1992.**- Utilisation pastorale des jachères dans la région de Bondoukui (zone soudanienne, Burkina Faso). Mémoire de DESS. "Gestion des systèmes Agro-Sylvo-Pastoraux" en zones tropicales. Université Paris XII, Val de Marne, UFR des Sciences. 89 p.
- **KISSOU (R.), 1994.**- Les contraintes et potentialités des sols vis-à-vis des systèmes de culture paysans dans l'ouest Burkinabé. Mémoire de fin d'étude, IDR. 94 p.
- **KOULIBALY (B.), 1992.**- Effets de la fertilisation sur l'enracinement et la nutrition minérale du cotonnier. Mémoire de fin d'études, IDR. 113 p.
- **LEPRUN (J.C.) et MOREAU (R.), 1969.**- Notice pédologique de la Haute-Volta. Région ouest-nord. ORSTOM - Dakar Hann. 341 p.
- **MADIBAYE (D.), 1993.**- Adventices des cultures de la région de Bondoukui : étude de la flore, de l'écologie et de la nuisibilité. Mémoire de fin d'étude, IDR. 91 p.
- **MAERTENS (C.), 1964.**- La résistance des sols à la pénétration : ses facteurs et son influence sur l'enracinement. Ann. Agron., 15 : 539-554.
- **MANICHON (H.), 1982.**- L'action des outils sur le sol : appréciation de leurs effets par la méthode du profil cultural. Sc. du sol, 3 : 203-219.
- **Mc KEAGUE (J.A.), WANG (C.), COEN (G.M.), 1988.**- Description et interprétation de la macro-structure des sols minéraux. Rapport préliminaire, Agriculture Canada, Bull. Tech. 1986-2F, 57 p.
- **MEMENTO DE L'AGRONOME. 1991.**- Quatrième édition. Collection "Techniques rurales en Afrique".
- **MOREAU (R.), 1993.**- Influence de la mise en culture et de la jachère forestière sur l'évolution des sols forestiers tropicaux. In : La jachère en Afrique de l'ouest. Atelier international, Montpellier du 2 au 5 Décembre 1991. Edition de l'ORSTOM. pp : 245-256.
- **MUNSELL (C.), 1975.**- Soil color charts. USDA.
- **N'CHO (B.S.), 1991.**- Modélisation de l'accès des racines de Maïs (*Zea mays*) à l'azote du sol. mémoire de fin de cycle, IDESSA, Bouaké. 27 p.

- **OUATTARA (B.), 1984.**- Action des techniques de travail du sol sur le bilan hydrique et les rendements d'une culture de sorgho en fonction du type de sol. Mémoire de fin d'études, ISP (U.O). 109 p.
- **OUATTARA (B.), 1991.**- Etude des effets de divers substrats organiques sur les propriétés physico-chimiques d'un sol ferrugineux tropical du Burkina Faso. Mémoire DEA, Univ. Nationale de Côte d'Ivoire 62 p.
- **OUATTARA (B.), 1994.**- Contribution à l'étude de l'évolution des propriétés physiques d'un sol ferrugineux tropical sous culture : pratiques culturales et états structuraux du sol. Thèse de Docteur-ingénieur, mention Sciences agronomiques, Univ. Nat. de Côte d'Ivoire.
- **OUATTARA (B.), SEDOGO (P.MM), LOMPO (F.), 1994.**- Effets de quatre types de substrats organiques sur le système poral d'un sol ferrugineux tropical sous culture de sorgho. Science et Technique. Sér. Sciences naturelles. Vol. XXI, n° 1, pp : 60-74.
- **OUEDRAOGO (M.), 1995.**- Les systèmes de culture paysans dans l'ouest Burkinabé : diagnostic des contraintes, des performances et de quelques paramètres de reproductibilité. Mémoire de fin d'étude, IDR. 88 p.
- **PIERI (C.), 1989.**- Fertilité des terres de savanes. Bilan de 30 ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. Ministère de la coopération . - IRAT / CIRAD, 444 p.
- **ROOSE (E.), 1993.**- Capacité des jachères à restaurer la fertilité des sols pauvres en zone soudano-sahélienne. In : La jachère en Afrique de l'ouest. Atelier international, Montpellier du 2 au 5 Décembre 1991. Edition de l'ORSTOM. pp : 233-244.
- **SEBILLOTE (M.), 1993.**- La jachère dans les systèmes de culture : éléments pour une théorie. In : La jachère en Afrique de l'ouest. Atelier international, Montpellier du 2 au 5 Décembre 1991. Edition de l'ORSTOM. pp : 89-111.
- **SEDOGO (M.P.), 1981.**- Contribution à la valorisation des résidus culturaux en sols ferrugineux et sous climat tropical semi-aride. (Matière organique du sol et nutrition azotée des cultures. Thèse Doct. Ing. INPL, Nancy, 195p.
- **SEDOGO (P.M.), 1993.**- Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture : incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse de doctorat es-science, Université Nationale de Côte D'Ivoire. 333 p.
- **SEDOGO (P.M), LOMPO (F.), OUATTARA (B.), 1994.**- Le carbone et l'azote dans les différentes fractions granulométriques d'un sol ferrugineux tropical : effets de quatre types d'amendements organiques. Science et Technique. Sér. Sciences naturelles. Vol XXI, n° 1. pp : 114-124.

- **SERPANTIE (G.) et DEVINEAU (J.L.), 1993.**- Le programme "interrelations systèmes écologiques-systèmes de culture en zone soudanienne (ouest Burkinabé)". Projet scientifique. In : La jachère en Afrique de l'ouest. Atelier international, Montpellier du 2 au 5 Décembre 1991. Paris ORSTOM, pp : 481-490.
- **SIBAND (P.), 1972.**- Etude de l'évolution des sols sous culture traditionnelle en haute Casamance. Principaux résultats. L'Agron. Trop. 27 ( 5) : 574-591.
- **SIBAND (P.), 1974.**- Evolution des caractères et de la fertilité d'un sol rouge de Casamance. L'Agron. Trop., 29 (12) : 1228-1248.
- **STENGEL (P.), 1979.**- Utilisation des analyses des systèmes de porosité pour la caractérisation de l'état physique du sol in situ. Ann. Agron., 30 (1) : 27-49.
- **STENGEL (P.), 1990.**- Caractérisation de l'état structural du sol. Objectifs et méthodes. In : la structure du sol et son évolution. Les colloques de l'INRA, n° 53 : 15-36.
- **TARDIEU (F.), MANICHON (H.), 1986.**- Caractérisation en tant que capteur d'eau de l'enracinement du maïs en parcelle cultivée. II- Une méthode d'étude de la répartition verticale et horizontale des racines. Agronomie, 6 (5) : 415-425.
- **TARDIEU (F.), MANICHON (H.), 1987.**- Etat structural, enracinement et alimentation hydrique du maïs. II- Croissance et disposition spatiale du système racinaire. Agronomie, 7 (3) : 201-211.
- **VAN DER POL (F.), 1990.**- L'épuisement des terres, une source de revenus pour les paysans au Mali-sud. In : Savane d'Afrique, terres fertiles ? coll. focal. coop. ed. Min. coop. pp : 403-418.
- **VAUCLIN (M.), CHOPART (J.L.), 1992.**- L'infiltrométrie multidisques pour la détermination in situ des caractéristiques hydrodynamiques de la surface d'un sol gravillonnaire de Côte d'Ivoire. Agronomie Tropicale. 46 (4) : 259-271.
- **VIZIER (J.F.), 1983.**- Etude des phénomènes d'hydromorphie dans les sols des régions tropicales à saisons contrastées : Dynamique du fer et différenciation des profils. ORSTOM, Paris, 294 p.
- **WEY ( J.), 1995.** - Optimisation des systèmes de culture Maïsicole dans l'Ouest du Burkina Faso. In: Production et Valorisation du maïs à l'échelon villageois en Afrique de l'Ouest. Actes du séminaire « Maïs prospère » 25-28 Janvier 1994. CIRAD.PP 41-48.
- **YODER (R.E.), 1936.**- A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. Journal of American Society of Agronomy, 28 : 337-351.
- **ZOMBRE (P.), 1995.**- Notice explicative de la carte morphopédologique du bas-glacis de Bondoukouy. Document provisoir. 10 p + Annexes.

## **ANNEXES**



Rayon: 50m

Parcelle: 155

Culture: ...

Profondeurs du Coude =

Prof  $\epsilon_{nr} = 70$

Legende: B = fond de Buttage

L = fond de labour

C : Changement de couleur

CC : Debut de Taches

— : Racines pu galeries d'anciennes

racines d'arbres.

> : 5-10 racines

X : 10-20 racines

## ANNEXE 2 : Description du profil cultural.

Date : 31/08/96 Zone : Plateau Paysan Sako parcelle : 355 culture : Maïs page :  
Ht. Bukny Soumaïla

état du peuplement : - le plus fréquent (où on fera le profil)

%	hauteur (cm)	stade phéno	écart poq i.l.(cm)	i.p (cm)	pieds/ poq	% poq vides,	mala- dies	rava- geurs	advRec,H aut	état de surface
95	200	fl. ♀	80	70	2		--	--	Dact/Fin Kill/Aor/af -SPF	C2

Rappel Itinéraire technique et en particuliers travaux du sol (date, outil, état du milieu avant et après etc)

- autres états moins fréquents :

5	100	D. Ro ♀	80	70	2		Flanisme jaunissement feuilles	Fusaris -big		C2
---	-----	---------	----	----	---	--	--------------------------------------	-----------------	--	----

Cause présumée, après enquête :

Horizons -(prévoir une colonne par zone homogène)	A. labouré		A Non labouré		B		T.C
	Sous		Taches				
Couleur	10YR <sup>3/4</sup>		7,5YR <sup>5/4</sup>		5YR <sup>5/6</sup>		5YR <sup>5/6</sup>
Texture	SL		SL		SAL		AL
Elements grossiers, taches, concrétions etc	-		-		-		5% Conc. 25% Tache 2,5YR <sup>4/8</sup> 10YR <sup>7/3</sup>
Nature de la limite avec l'horizon sousjacent (lissage, semelle etc)	Peu distincte Lissage		Distincte Régulière		Peu distincte.		-
Hétérogénéité latérale	Forte		Moyenne		faible		ouille
Zones homogènes (au moins une !): N°	Butte		sous la Butte	sous l'interbutte	sous butte	sous interbutte	-
Origine présumée et % de l'horizon	100		95	5	90	10	100
Structure et fissures	3PS TFFM		M à 2PS TFGM	M à 2PS TFGM	M à 2PS GFM	M à 2PS GFM	2PA TFFM
Porosités (np tf, np tf M, np tf ML)	npTf		npTfM	npTfM	TnpTfML	TnpTfML	npTfML
Humidité (sec, frais, humide, mouillé)	Humide		Humide	Humide	Humide	Humide	frais
compacité (très compact, compact, aéré)	aéré		aéré	aéré	P.C	P.C	C
consistance (très tendre, friable, dur, très dur)	Tendre		Tendre	Tendre	Tendre	Tendre	Friable
Densité racinaire très rare, rare, peu rare, peu dense, dense, très dense	Très Dense		Dense	Dense	Peu dense	peu	Très rare (Nulle)
Morphologieracinaire (direction, épaisseur, etc)	Verticale		Verticale	Azle	Verticale	-	-
Biologie (loges termites, galeries anciennes racines arbres etc)	-		Loges Termites	-	-	-	-
Numéro échantillons d.a.(au moins 3 par ZH)	79 ; 147 ; 109		162 ; N153 N148.	N31 ; N98 ; N8.	N24 ; N105 ; N139		

sol. F.T.L.T.C Hydromorphe.

du Sol	Mode de W	Date & durée	Outils	Etat du
reparat <sup>2</sup>	loupe des tiges de coton	fin Janvier	Daba	Autaca col-
ndage funder				
labour	à plat (allée)	28 <sup>19</sup> et 30/06	Manuel à Bœuf	100% d'humid Bail, SpF
ouillage	manuel	30/06 au 06/07	cor de	
eruis	manuel	30/06 au 06/07	Daba	Pas d'hum
7 Heures				
emariage				
I	Atèle'	21, au 24/07	houe-manga	Bep d'humid mayif Hum
ardage				
ouillage Engrais	NPK (33%) manuel urée (33)	27/07 07/08	E.S E.S	-
Bultage	Atèle'	13 et 14/08	corps butteurs	Pas Bep d'hum Humide
Reiote	manuelle	14/10	main	C2
Autres	signalage	21 ou 24/07	(main)	

D = largeur de 4 lignes ; d = longueur de ligne à prendre pour constituer un quadrilatère de 7m<sup>2</sup> de surface ; récolter 3 lignes  
 Chacun des cadrans doit faire, au minimum, 0.25 ha

Exploitant *Jacko Gramaika* Culture *Mais* N° parcelle *355* N° champ *2*

	D	d	Nb de poquets semés	Nb de poquet fructif	Nb de pieds Total	Nb pieds Fruct.	Hteur moyen ne	Nb d'épis utiles	Nb d'épis inutiles	Taille moyen ne(0-5)	Pds net épis utiles totaux	poids brut(g) échant 15 epis	N° sac 15épis	biom fraîch net (Kg)	poids brut (g) échan biom	N° du sac biom	Taux de recvmt adv	Nb de pieds Striga	Nom des esp domin	Autres espèces	Ravag N°/boît d° d'attaq
C1 nPK	<i>2,3</i>	<i>3,0</i>	<i>18</i>	<i>17</i>	<i>27</i>	<i>26</i>	<i>2,2</i>	<i>20</i>	<i>10</i>	<i>4</i>	<i>3900</i>	<i>2700</i>	<i>564</i>	<i>6900</i>	<i>950</i>	<i>565</i>	<i>5</i>	<i>0</i>	<i>Hypis 7</i>	<i>-</i>	<i>0</i>
T1 té-moin	<i>2,2</i>	<i>3,1</i>	<i>21</i>	<i>17</i>	<i>30</i>	<i>27</i>	<i>2,1</i>	<i>30</i>	<i>9</i>	<i>3</i>	<i>3400</i>	<i>2400</i>	<i>561</i>	<i>7300</i>	<i>980</i>	<i>562</i>	<i>5</i>	<i>4</i>	<i>Kill 24</i>	<i>-</i>	<i>2</i>
C2	<i>2,2</i>	<i>3,0</i>	<i>18</i>	<i>17</i>	<i>41</i>	<i>39</i>	<i>2,2</i>	<i>30</i>	<i>1</i>	<i>4</i>	<i>4450</i>	<i>2250</i>	<i>560</i>	<i>8400</i>	<i>770</i>	<i>563</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	<i>Pytra 3</i>	<i>-</i>	<i>0</i>
T2	<i>2,2</i>	<i>3,0</i>	<i>17</i>	<i>17</i>	<i>42</i>	<i>37</i>	<i>2,2</i>	<i>34</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3900</i>	<i>1850</i>	<i>558</i>	<i>4750</i>	<i>700</i>	<i>559</i>	<i>10</i>	<i>15</i>	<i>Pytra 3</i>	<i>leucos 20</i>	<i>0</i>
C3	<i>2,2</i>	<i>3,0</i>	<i>17</i>	<i>16</i>	<i>22</i>	<i>27</i>	<i>2,4</i>	<i>33</i>	<i>8</i>	<i>4</i>	<i>6350</i>	<i>3000</i>	<i>557</i>	<i>7,000</i>	<i>910</i>	<i>527</i>	<i>10</i>	<i>63</i>	<i>Kill 24</i>	<i>Pytra 3</i>	<i>0</i>
T3	<i>2,2</i>	<i>3,0</i>	<i>17</i>	<i>15</i>	<i>27</i>	<i>27</i>	<i>2,4</i>	<i>26</i>	<i>6</i>	<i>4</i>	<i>5550</i>	<i>2950</i>	<i>571</i>	<i>6900</i>	<i>900</i>	<i>556</i>	<i>20</i>	<i>38</i>	<i>Pytra 3</i>	<i>-</i>	<i>0</i>
C4	<i>2,1</i>	<i>3,3</i>	<i>19</i>	<i>16</i>	<i>27</i>	<i>26</i>	<i>2,3</i>	<i>27</i>	<i>7</i>	<i>4</i>	<i>6350</i>	<i>3500</i>	<i>567</i>	<i>8500</i> <i>2500</i> <i>(11000)</i>	<i>710</i>	<i>526</i>	<i>10</i>	<i>35</i>	<i>Kill 24</i>	<i>Pytra 3</i>	<i>0</i>
T4	<i>2,1</i>	<i>3,3</i>	<i>20</i>	<i>19</i>	<i>28</i>	<i>27</i>	<i>2,3</i>	<i>24</i>	<i>10</i>	<i>4</i>	<i>4850</i>	<i>3050</i>	<i>568</i>	<i>6950</i> <i>2600</i> <i>(9550)</i>	<i>920</i>	<i>569</i>	<i>5</i>	<i>9</i>	<i>Pytra 3</i>	<i>1</i>	<i>0</i> <i>5%</i>

Observations : *nouvelle bruché prélevée à 10% par Hypis + Pytra + autres* *Mais Français à 10%* *Parasites de Striga*