



UNIVERSITÉ DE OUAGADOUGOU

CENTRE UNIVERSITAIRE
POLYTECHNIQUE DE BOBO
DIOULASSO (C.U.P.B.)

INSTITUT DU
DEVELOPPEMENT RURAL
(I.D.R.)

CENTRE NATIONAL DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNOLOGIQUE
(C.N.R.S.T.)

INSTITUT DE L'ENVIRONNEMENT
ET DE RECHERCHES AGRICOLES
(I.N.E.R.A.)

CENTRE REGIONAL
DE RECHERCHES AGRICOLES
(C.R.R.A. Farako-bâ)

Programme Coton

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté en vue de l'obtention du

**DIPLOME D'INGENIEUR DU
DEVELOPPEMENT RURAL**

Option : AGRONOMIE

Thème :

**EFFETS DES FUMURES DE FOND
SUR L'ACIDITE DU SOL ET LA
CROISSANCE DU COTONNIER**

Juin 1997.

ILBOUDO Ousmane

Maître de stage : DAKOUO Déhou

Professeur : MEY Phai

AVANT PROPOS

Avant Toute chose, nous souhaitons nous acquitter de la dette de reconnaissance contractée envers les personnes qui nous ont aidé et soutenu pour la réalisation de ce travail.

- Mr MEY Phal, mon directeur de mémoire, pour ses critiques, ses conseils et ses suggestions et le suivi constant qu'il nous a accordé.

- Mr DAKOUO Déhou, mon maître de stage, qui n'a ménagé aucun effort pour la réussite de notre travail.

- Mr KOULIBALY Bazoumana, chef de la section agronomie du programme coton pour sa constante disponibilité, son encadrement et sa compréhension tout au long de notre étude.

- Mrs TRAORE Doulaye, chef du programme coton, SANFO Dénys, TOE Adama, VOGNAN Gaspard et HEMA Omer chercheurs dudit programme pour leurs conseils.

- Mr TRAORE Seydou, chef de la station de Farako-bâ.

Nous devons beaucoup à nos professeurs pour l'enseignement riche et pratique dont ils nous ont fait profiter.

- Mrs BERE Michel, SESSOUMA Bégué, BARRY Seydou et DABIRE Etienne pour le suivi et les observations judicieuses de l'essai.

- Mme SANOU et Mr GUIGUEMDE Omar pour la dactylographie et la mise en forme de ce document.

Tout le personnel du programme coton et tous ceux qui de près ou de loin ont fait des apports substantiels. Qu'ils trouvent ici tous nos remerciements.

A tous les amis et collègues j'exprime ma profonde gratitude.

Enfin et surtout mes **Parents**, les familles ILBOUDO et BONKOUNGOU pour leurs inlassables efforts pour notre réussite. Qu'ils trouvent ici le fruit de leurs constants égards.

LISTE DES FIGURES

	Pages
Carte 1 : Zones cotonnières du Burkina Faso	7
Figure 1 : Statistiques de la production cotonnière (1985 à 1996).....	9
Figure 2 : Evolution de la superficie de 1985 à 1996.....	9
Figure 3 : Evolution des rendements (1985 à 1996)	9
Figure 4 : Evolution du taux d'humidité dans le sol	33
Figure 5 : Evolution comparative du rendement et du nombre de capsules	58
Figure 6 : Evolution de la hauteur des cotonniers, P430S.....	60

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau 1 : Statistiques de la production cotonnière (1985/86 à 1996/97)	8
Tableau 2 : Relevés pluviométriques journaliers de Farako-bâ, 1996	32
Tableau 3a : Traitements étudiés	34
Tableau 3b : Apport en unités fertilisantes des traitements étudiés	35
Tableau 4 : Caractéristiques physico- chimiques du sol, Farako-bâ	41
Tableau 5 : Evolution du pH et de l'acidité d'échange	43
Tableau 6 : Evolution du poids sec des racines (g) des cotonniers	45
Tableau 7 : Evolution de la profondeur de la racine pivotante des cotonniers	48
Tableau 8 : Extentions latérales des racines	50
Tableau 9 : Evolution du nombre de racines latérales	51
Tableau 10 : Répartition des racines latérales par couche de sol à 60 et 120jas	52
Tableau 11 : Rendement en coton graine (kg/ha)	54
Tableau 12 : densités des cotonniers à la récolte	55
Tableau 13 : Nombre de capsules récoltées et poids moyen capsulaire	56
Tableau 14 : Hauteur des cotonniers à la récolte	59
Tableau 15 : Nombre de branches végétatives et fructifères	61
Tableau 16 : Production de matière sèche (g) et indice de fructification des cotonniers	62
Tableau 17 : Teneurs et indices de nutrition en azote et en phosphore (% M.S.)	65
Tableau 18 : Teneurs et indices de nutrition en potassium et teneurs en calcium et en magnésium (% M.S.)	67
Tableau 19 : Teneurs et indices de nutrition en soufre et teneurs en sodium (%MS)	69

SIGLES ET ABREVIATIONS

- SOFITEX** : Société Burkinabé des Fibres Textiles
IRCT : Institut de Recherches du Coton et des Textiles Exotiques
INERA : Institut d'Etudes et de Recherches Agricoles
CFDT : Compagnie Française pour le Développement des Fibres Textiles
JAS : Jour Après Semis
STATTCF : Statistiques de l'Institut des Céréales et des Fourrages
BUNASOLS : Bureau National des Sols

RESUME

La culture du coton est confrontée à de nombreux problèmes qui limitent fortement la production de coton graine au champ. Le manque de restitutions adéquates sur des sols sous culture continue, entraîne une dégradation de leur fertilité et une baisse du pH. La présente étude réalisée à Farako-bâ, sur sol ferrugineux tropical désaturé, a montré une faible influence de l'application des fumures de fond sur l'acidité du sol. En effet, l'association à la fumure minérale vulgarisée de chaux agricole, de dolomie, de burkina phosphate ou de fumier, ne permet de constater qu'un relèvement assez timide du pH sans pour autant réduire les teneurs en aluminium échangeable. Concernant l'enracinement, aucun effet particulier n'a été noté sur la profondeur, l'extension latérale, le nombre et la distribution spatiale des racines latérales. En revanche, le poids des racines augmente sensiblement en présence du fumier mais reste relativement faible avec les autres amendements. Toutefois un effet remarquable des fumures de fond est perceptible sur les rendements entraînant un supplément de production de +8 à +25% par rapport à la fumure vulgarisée. L'étude de la nutrition minérale des cotonniers, montre une amélioration de la nutrition avec les apports des fumures. L'étude permet de retenir que des améliorations du pH en particulier d'un sol ferrugineux tropical pauvre ne sont pas toujours perceptibles en première année d'application des amendements même utilisés à doses élevées.

Mots clés : dégradations du sol, acidité, associations de fumures, enracinement, nutrition, production du cotonnier.

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION GENERALE.....	1
PREMIERE PARTIE : GENERALITES	
I. GENERALITES SUR LA CULTURE COTONNIERE	
AU BURKINA FASO.....	5
1.1. BREF HISTORIQUE	5
1.2. ZONES COTONNIERES DU BURKINA FASO.....	6
1.3. EVOLUTION DE LA PRODUCTION COTONNIERE	
DE 1985 A 1996	8
II GENERALITES SUR LE COTONNIER.....	10
2.1. BOTANIQUE ET MORPHOLOGIE.....	10
2.1.1. <u>Botanique</u>	10
2.1.2. <u>Morphologie</u>	11
2.1.2.1. Le port de la plante	11
2.1.2.2. Le système racinaire	11
2.1.2.3. La tige	12
2.1.2.4. Les feuilles	12
2.1.2.5. Les fleurs	13
2.1.2.6. Les fruits	14
2.2. <u>PHYSIOLOGIE</u>	14
2.2.1. <u>Phase levée</u>	14
2.2.2. <u>Phase plantule</u>	15
2.2.3. <u>Phase pré-floraison ou initiation florale</u>	15
2.2.4. <u>Phase floraison</u>	15
2.2.5. <u>Phase maturation</u>	16
2.2.6. <u>Chute des organes fructifères ou abscission</u>	16

2.2.6.1. La chute des boutons floraux ou shedding préfloral	17
2.2.6.2. La chute des capsules ou shedding post-floral....	17
2.2.7. <u>Phénomène de compensation</u>	18
2.3. BESOINS DES COTONNIERS	18
2.3.1. <u>Nutrition carbonée</u>	18
2.3.2. <u>Le cotonnier et l'atmosphère</u>	19
2.3.3. <u>Alimentation en eau</u>	19
2.3.4. <u>Rôles des éléments minéraux</u>	20
2.3.4.1 L'azote.....	20
2.3.4.2. Le phosphore.....	21
2.3.4.3 Le potassium.....	22
2.3.4.4. Le soufre.....	23
2.3.4.5. Le bore	23
2.3.4.6. Le calcium.....	24
2.3.4.7. Le magnésium	24
2.3.5. <u>Le sol</u>	25
2.3.5.1. Importance du sol et dynamique racinaire.....	25
2.3.5.2. Conséquences de la dégradation des sols sous culture.....	26
2.3.5.3. Amendement organique par le fumier.....	27
2.3.5.4. Amendements calco-magnésiens.....	28

DEUXIEME PARTIE : EFFETS DES FUMURES DE FOND SUR L'ACIDITE DU SOL ET LA CROISSANCE DU COTONNIER

BUT DE L'ETUDE	30
I CADRE DE L'ETUDE.....	30
1.1. LES SOLS	30
1.2. LE CLIMAT.....	31
II MATERIEL ET METHODE.....	33

2.1. MATERIEL VEGETAL.....	33
2.2. LE SOL	33
2.3. LES FUMURES.....	33
2.4. METHODES D'ETUDE.....	34
2.4.1. <u>Principe</u>	34
2.4.2. <u>Traitements étudiés</u>	34
2.4.3. <u>Dispositif expérimentale</u>	35
2.4.4. <u>Conduite culturale</u>	36
2.4.5. <u>Observations et analyses</u>	36
2.4.5.1. <u>Prélèvements de sol</u>	36
2.4.5.2. <u>Diagnostic racinaire</u>	37
2.4.5.3. <u>Suivi de la croissance végétative</u>	37
2.4.5.4. <u>Nutrition minérale</u>	38
2.4.5.5. <u>Observation à la récolte</u>	38
2.4.6. <u>Analyses statistiques</u>	38
2.4.7. <u>Méthodes d'analyse de sol et de plante</u>	39
III. RESULTATS OBTENUS ET DISCUSSIONS.....	40
3.1. LES PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DU SOL.....	40
3.2. EVOLUTION DU pH ET DE L'ACIDITE D'ECHANGE DU SOL.....	43
3.3. INFLUENCE DES FUMURES SUR LE SYSTEME RACINAIRE.....	45
3.3.1. <u>Croissance pondérale des racines</u>	45
3.3.2. <u>Profondeur d'enracinement</u>	47
3.3.3. <u>Extension latérale des racines</u>	49
3.3.4. <u>Nombre de racines latérales</u>	51
3.3.5. <u>Distribution des racines dans le sol</u>	52
3.4. EFFETS DES FUMURES SUR LA PRODUCTION.....	54
3.4.1. <u>Rendement et composantes de rendement</u>	54

3.4.1.1. Rendement	54
3.4.1.2. Composantes de rendement.....	55
3.4.1.2.1. Densités des cotonniers à la récolte.....	55
3.4.1.2.2. Nombre de capsules et poids moyen capsulaire.....	56
3.4.2. <u>Croissance végétative</u>	59
3.4.2.1. Hauteur des cotonniers.....	59
3.4.2.2. branches végétatives et fructifères.....	61
3.4.2.3. Production de matière sèche aérienne.....	62
3.5. ETUDE DE LA NUTRITION DES COTONNIERS.....	64
3.5.1. <u>Nutrition azotée et phosphatée</u>	65
3.5.2. <u>Nutrition potassique, calcique et magnésienne</u>	66
3.5.3. <u>Nutrition en soufre et en sodium</u>	69
CONCLUSION GENERALE.....	71
BIBLIOGRAPHIE.....	74
ANNEXES	

INTRODUCTION

Le coton est la première fibre textile mondiale avec une part de 50% du marché. Les superficies mondiales cultivées en coton fluctuent entre 30 et 35 millions d'hectares (EDWARDS, 1990) et concernent presque toutes les catégories de sols. En 1988, la production mondiale de fibre se situait autour de 15 millions de tonnes (ESTUR & RAYMOND, 1988). Le coton est aussi la deuxième source en protéine végétale et la quatrième plante oléagineuse avec près de 27 millions de tonnes de graine par an utilisée en alimentation humaine et animale. Il est un important produit agricole en Afrique et en particulier au Burkina Faso où il fournit des emplois et des revenus à des milliers de familles et alimente le trésor national en devises, d'où son importance stratégique.

Cette culture est très anciennement connue au Burkina Faso, mais son avènement comme culture industrielle est relativement récent (1951). Après une période de crise inhérente au contexte historique de son introduction (culture forcée sous la colonisation), la culture de coton n'a cessé de prendre de l'ampleur après l'indépendance du pays. La Société Burkinabé des Fibres Textiles (SOFITEX), créée en 1979 est chargée de promouvoir la culture. Grâce à son action soutenue en collaboration avec les organes de recherche (l'IRCT et plus tard l'INERA/programme coton), des progrès sont réalisés: les productions, les rendements ainsi que les surfaces emblavées n'ont cessé de croître.

Ainsi avec seulement 5% des superficies cultivables, la culture de coton représente 40 à 50% des exportations du Burkina Faso (SOFITEX, 1995) avec près de 206600 tonnes de coton graine en 1996/97.

Cependant, cette culture comme d'ailleurs l'ensemble de l'agriculture burkinabé est confrontée au problème de dégradation des sols. Les pratiques actuelles de gestion des terres et la pression démographique sont responsables de cette dégradation qui touche selon ZOUGMORE et al. (1994) environ 24% des terres burkinabé. Dans la zone cotonnière Ouest, les sols subissent

continuellement une dégradation due à un ensemble de facteurs parmi lesquels figure l'accroissement des superficies cultivées, conséquence du flux migratoire des populations et de la pression démographique (AMADOU et al., 1994).

De nombreux résultats de recherche ont montré que les engrais minéraux ont permis d'obtenir des résultats très nettement positifs jusqu'à maintenant mais ils ne garantissent pas le maintien de la fertilité des terres (INERA, 1990). Ainsi après plusieurs années de culture, avec ou sans fumure minérale, le pH du sol baisse et le taux de matière organique chute. Ces déficiences des caractéristiques physiques et/ou chimiques du sol affectent directement la dynamique et le fonctionnement du système racinaire du cotonnier, très sensible à la baisse de la teneur en certains éléments. Dès lors, des carences de plus en plus prononcées et fréquentes sont observées sur les cotonniers, entraînant une baisse du niveau de la production. Lorsque la dégradation est très poussée, elle devient irréversible. Au point de vue du comportement des cultures on constate une absence de réponse aux engrais en dessous de 0,6% de matière organique et un blocage du développement des cotonniers dès le 30^e jour en présence de teneur de 0,10 à 0,20 méq. d'aluminium échangeable et d'un pH inférieur à 5,0 (BERGER et al., 1987).

Face à ces contraintes, et dans le contexte actuel de relance de la production cotonnière, de multiples approches de solution ont été envisagées dans l'objectif d'une meilleure gestion du potentiel sol de façon à assurer une régularité et un accroissement des rendements.

Au nombre de celles-ci s'inscrit la présente étude **"Effets des fumures de fond sur l'acidité du sol et la croissance du cotonnier"** qui cherche à évaluer l'incidence des amendements sur l'acidité du sol qui détermine la croissance du système racinaire du cotonnier, elle même déterminant l'alimentation, la croissance végétative et la production de coton graine. Elle est conduite sur un sol ferrugineux tropical de la station de Farako-bâ.

Les principaux objectifs visés sont :

- évaluer l'évolution de l'acidité du sol sous l'influence des amendements à base de chaux agricole, de dolomie, de burkina phosphate et de fumier;**
- mesurer les effets des fumures appliquées sur la croissance et la morphologie du système racinaire;**
- évaluer leurs incidences sur l'alimentation et la production du cotonnier.**

Le plan de cette étude, objet de notre mémoire comprend:

- dans une première partie, des généralités sur la culture du coton au Burkina Faso et sur le cotonnier;

- dans une deuxième partie nous décrivons le cadre de l'étude, puis nous exposons la méthodologie expérimentale et enfin l'analyse des résultats obtenus.

Nous terminons cette présentation par une conclusion générale.

Première Partie :

Généralités

I. GENERALITES SUR LA CULTURE COTONNIERE AU BURKINA FASO

1.1. BREF HISTORIQUE

Le coton est très anciennement connu au Burkina Faso. A l'époque pré-coloniale, on trouvait des sujets rustiques tels que *Gossypium punctatum*, *Gossypium hirsutum*, *Gossypium peruvianum* et *Gossypium barbadense* (BELEM, 1985).

Ces cotonniers surtout cultivés en association avec les cultures vivrières avaient pour finalité de satisfaire les besoins domestiques, rituels et économiques (SCHWARTZ, 1993). Le cotonnier ainsi cultivé n'était qu'une culture secondaire. Ce mode de production traditionnel va durer jusqu'à l'érection du territoire en colonie par la France. A partir de ce moment une nouvelle dynamique sera imprimée à cette culture avec l'imposition de sa culture forcée suite à la crise de l'industrie textile française. De nombreux efforts vont être déployés principalement à partir de 1952 par la CFDT pour accroître et améliorer la production. Depuis lors, de nombreuses autres structures, institutions et projets verront le jour dans l'objectif de faire de cette culture la principale source d'exportation du Burkina Faso (l'association en participation république de Haute Volta CFDT en 1970, PCOV en 1971, la SOFITEX en 1979,...)

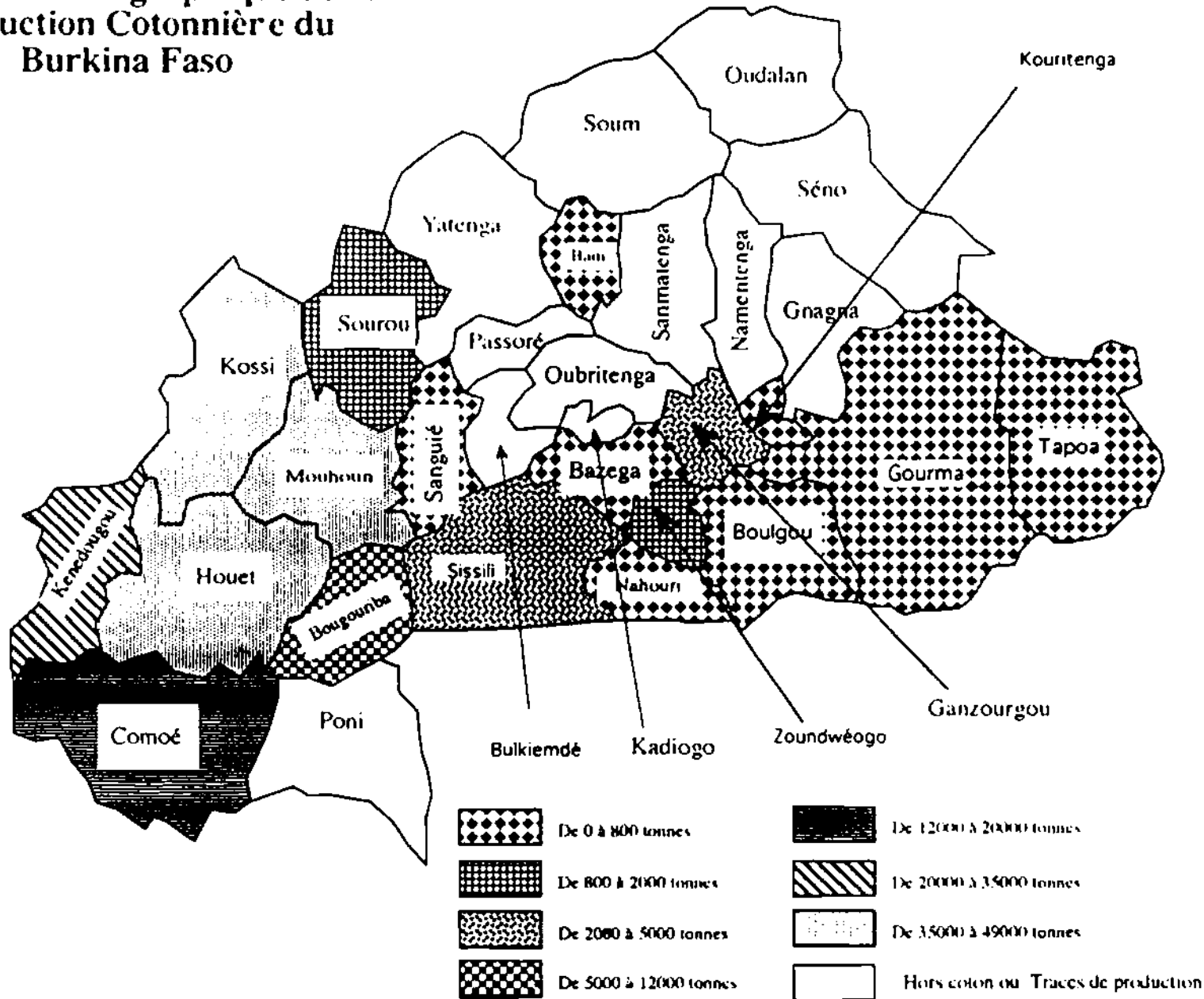
1.2. ZONES COTONNIERES DU BURKINA FASO

La zone cotonnière la plus importante du Burkina Faso est située à l'Ouest et elle produit environ 90% de la production nationale (SOFITEX, 1995). Elle comprend les provinces à tradition cotonnière ancienne de la Kossi, du Mouhoun, des Banwa, des Balés, du Houet, du Tuy, du Kéné Dougou et les provinces de la Comoé et de la Léraba. Les rendements y sont la plupart du temps supérieurs ou égaux à 1000 kg/ha.

La zone cotonnière secondaire avec les provinces du Sanguié, de Ioba, de Nayala, du Sourou, de la Sissili, du Ziro et de la Bougouriba apporte une contribution de 7% tandis que la zone marginale comprenant les régions Est et Centre assure une production d'environ 3% de la production nationale.

On note donc une diversité régionale de la production cotonnière (cf. carte 1).

Répartition Géographique de la Production Cotonnière du Burkina Faso



1.3. EVOLUTION DE LA PRODUCTION COTONNIERE DE 1985 A 1996

L'évolution de la production cotonnière au cours de la dernière décennie est donnée par le tableau 1.

De 1985 à 1996 la production cotonnière n'a cessé d'évoluer pour atteindre un niveau record de 206600 tonnes en 1996/97 (figure 1).

Les superficies emblavées ont été augmentées (figure 2) et sont passées à 195000 hectares pour la même période.

Les rendements à l'hectare sont assez irréguliers sur l'ensemble de la zone cotonnière et aussi d'une année à l'autre à cause de la pluviométrie et des attaques parasitaires. On note de très fortes variations d'une année à l'autre (figure 3).

Tableau 1 : statistiques de la production cotonnière (1985/86 à 1996/97)

Années	production de coton graine (tonnes)	Superficies cultivées (ha)	Rendement coton graine (kg/ha)
1985/86	115490	94625	1221
1986/87	169227	126850	1334
1987/88	148015	170395	867
1988/89	145878	169465	861
1989/90	152325	150000	1015
1990/91	189543	166274	1140
1991/92	167170	185750	900
1992/93	163301	176900	923
1993/94	116598	152100	767
1994/95	143080	184000	778
1995/96	151000	160000	944
1996/97	206600	195000	1056

source SOFITEX, 1996

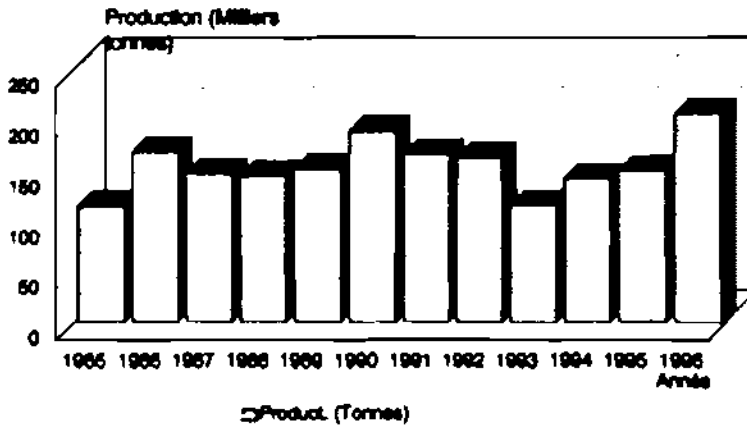


Fig. 1 : Statistiques de la production cotonnière (1985 à 1996).

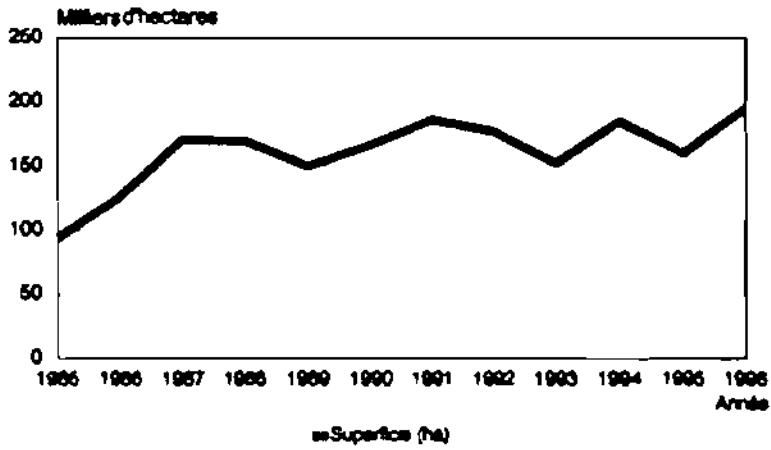


Fig. 2 : Evolution de la superficie de 1985 à 1996

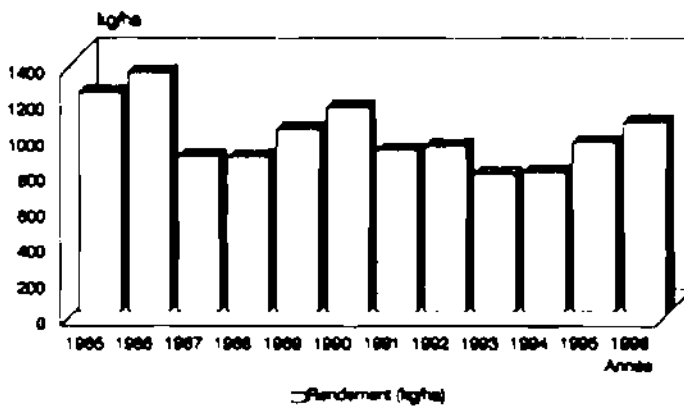


Fig. 3 : Evolution des rendements (1985 à 1996)

II GENERALITES SUR LE COTONNIER

2.1. BOTANIQUE ET MORPHOLOGIE

2.1.1. Botanique

Le cotonnier est une plante vivace qui ne peut être exploitée économiquement qu'en culture annuelle, du fait, d'une part de la saison sèche rigoureuse qui suit sa fructification, et d'autre part de la pullulation du parasitisme spécifique qu'entraînerait sa pérennité (LEUWERS, 1958; KOHEL et LEWIS, 1984).

C'est une dicotylédone dialypétale qui appartient à l'ordre des *Malvales*, à la famille des *Malvacées*, à la tribu des *hibiscæ* et au genre *Gossypium* L..

Les quatre espèces cultivées appartiennent à ce genre et sont réparties en deux groupes en fonction du nombre de chromosomes:

- le groupe des diploïdes ($2n = 26$) comportant les espèces *Gossypium arboreum* et *Gossypium herbaceum* qui donne du coton à fibres épaisses et courtes;

- le groupe des tétraploïdes ($2n = 52$) avec les espèces *Gossypium barbadense* (graines nues, fibres longues et fines) et *Gossypium hirsutum* (graines vêtues, fibres intermédiaires).

Ces espèces cultivées ont donné naissance à un grand nombre de variétés dont les plus intéressantes sont celles de *G. hirsutum* qui font l'objet de la culture au Burkina Faso. Les variétés *ISA 205 G*, *STAM 42*, *FK 290*, *GL 7* sont cultivées dans la zone Ouest tandis que la *F 135* est cultivée dans le Centre et à l'Est.

2.1.2. Morphologie

Selon MAUNEY cité par DAKOUO (1991), le cotonnier a la plus complexe morphologie parmi les plantes cultivées annuellement due au caractère indéterminé de sa croissance.

2.1.2.1. Le port de la plante

Le cotonnier est un arbuste dont la partie aérienne est constituée par une tige principale et des rameaux qui prennent naissance aux noeuds de cette dernière. Le port de la plante est déterminé par l'inclinaison des branches par rapport à la tige et par le développement des branches les unes par rapport aux autres. Le port varie suivant les espèces, les variétés et les conditions de culture (pyramidal, élançé, gobelet, sphérique, «cluster») (PARRY, 1982).

2.1.2.2. Le système racinaire

Le système racinaire constitue un élément important de la plante car il joue un rôle de fixation de la plante au sol et permet son alimentation.

Celui du cotonnier comprend une racine pivotante s'enfonçant profondément selon la nature du sol. Sans obstacle et dans un sol profond, riche et léger elle peut atteindre 3m (PARRY, 1982; CALLOT & AL., 1982). De cette racine principale partent des racines latérales terminées par une zone pilifère. Les racines latérales se développent horizontalement et peuvent se ramifier. Elles forment un tapis explorateur du sol qui s'étend souvent à l'extérieur jusqu'à plus d'un mètre de la base de la plante. Selon CARMÍ et CHALHEVET (1982), la productivité du cotonnier serait en relation directe avec la colonisation du sol par les racines. Une restriction de la croissance des racines conduit au

développement des plantes caractérisé par de courts entre-noeuds et par un nombre réduit de feuilles. Selon BENEDICT (1984), si la racine pivotante est gênée par un obstacle, les racines latérales se développent mais restent superficielles rendant ainsi le cotonnier sensible aux variations d'humidité.

2.1.2.3. La tige

Le cotonnier se caractérise par une tige principale dressée à croissance terminale et continue (monopodiale) à partir de laquelle se développent deux types de ramifications ou branches (HAU et GOEBEL, 1986):

- des branches végétatives ou monopodes qui naissent en général des noeuds les plus bas sur la tige principale, à comportement identique à celui d'une tige principale;

- des branches fructifères ou sympodes, plus haut sur la tige. Elles se développent à partir du premier bourgeon axillaire. Au niveau de chaque noeud de ces branches, se développent latéralement un organe fructifère et une feuille.

2.1.2.4. Les feuilles

Les feuilles de cotonnier sont alternes et de forme variable. Elles sont palmatipartites ou palmatiséquées mais ne sont jamais de type composé (PARRY, 1982). Elles varient en dimension, et en pilosité. La pilosité est un caractère spécifique: les feuilles sont soit pileuses, soit glabres selon les espèces.

La feuille porte à son aisselle deux bourgeons axillaires dont l'un se développe pour donner une branche et l'autre sert de réserve au cas où le premier avortait. Suivant le développement de la plante on distingue trois types de feuilles:

- Les feuilles cotylédonnaires se composent d'un limbe ovale, irrégulier et d'un pétiole. Elles assurent l'essentiel de la nutrition de la plantule avant que les racines ne puissent subvenir à ses besoins;

- Les premières feuilles à limbe généralement entier ou peu denté, lancéolé, maintenues par des nervures, un pétiole et deux stipules à leur base;

- Les feuilles proprement dites de forme variable sur le même plant et parsemées d'un réseau de stomates.

2.1.2.5. Les fleurs

Les fleurs naissent des bourgeons différenciés et sont entièrement recouvertes par des bractées.

La première fleur à s'ouvrir sur le cotonnier est située sur le premier noeud de la première branche fructifère. Ensuite s'amorce une première spirale de floraison qui va concerner successivement tous les premiers noeuds dans les branches fructifères.

Une fleur de cotonnier est composée de :

- Un pédoncule qui l'insère sur une branche fructifère;
- Un involucre comprenant trois bractées de dimension variable;
- Un calice gamosépales à cinq sépales soudés, à l'intérieur des bractées;
- Une corolle dialypétale à cinq grands pétales de forme variable;
- Un androcée avec au moins dix rangs d'étamines bilobées;
- Un gynécée, avec un ovaire à 2-6 carpelles et un stigmate à 2-6 lobes soudés.

2.1.2.6. Les fruits

Le fruit du cotonnier est une capsule plus ou moins grosse, de 2 à 5 cm de hauteur, de forme et dimension variables. Elle est constituée de 3 à 5 loges contenant 6 à 9 graines chacune. A maturité les capsules s'ouvrent et le coton graine floconne. Le poids des graines est fonction de la variété. La forme et la dimension des graines varient beaucoup selon les espèces et les variétés. Les graines sont recouvertes par des fibres ou soies. Leur dimension varie selon les variétés. La fibre peut être longue ou courte.

2.2. PHYSIOLOGIE

Le cycle de développement du cotonnier comporte plusieurs phases ou stades qui se suivent ou se superposent. Durant ces phases, l'eau, l'air et la chaleur revêtent une grande importance.

2.2.1. phase levée

Elle va du semis à l'étalement des cotylédons. La germination de la graine du cotonnier est épigée. La graine émet une petite tige qui apparait au dessus du sol, étale les deux cotylédons, et une racine se développe en profondeur. De cette dernière se développeront des racines latérales.

Le développement au cours de cette première phase qui dure 4 à 10 jours en condition normale se fait au dépens des réserves de la graine.

2.2.2. phase plantule

Elle va de l'étalement des feuilles cotylédonnaires à l'apparition du premier bouton floral. Cette période qui dure de 10 à 35 jours est capitale pour la croissance future du plant. Le système racinaire se développe assez rapidement et le pivot gagne en profondeur en développant des ramifications latérales. Le contact avec le milieu est intime.

2.2.3. Phase préfloraison ou initiation florale

Elle va du 30^e au 50^e jas c'est-à-dire de l'apparition du premier bouton floral à l'apparition de la première fleur. Après l'apparition du premier bouton floral, la plantule croît rapidement et la charpente du cotonnier est presque entièrement édifiée dans le délai d'un mois. La racine continue à croître en profondeur. Pendant cette phase le phénomène d'abscission ou shedding commence à se manifester.

2.2.4. Phase floraison

Vingt à vingt-cinq jours s'écoulent entre l'apparition du square (bouton floral) et l'ouverture de la fleur. On observe un délai de trois jours entre l'ouverture de deux fleurs placées sur des sympodes successives; sur la même sympode le délai est de six jours.

Cette phase dure du 50^e jour à la récolte. Un climat chaud et sec accélère le rythme de floraison. Le début de la floraison est marquée par le ralentissement de la croissance du cotonnier mais si pour une cause quelconque les squares ou les jeunes capsules tombent (shedding) il y a reprise de la végétation et naissance de nouvelles fleurs: c'est le phénomène de compensation.

La floraison est maximale vers 80 jas; l'eau est très primordiale pendant cette période. Le cotonnier est une plante autogame avec 20 à 30% d'allogamie.

2.2.5. Phase maturation

Elle dure de la formation de la capsule après la fécondation jusqu'à la récolte. La capsule se forme, grossit et atteint sa forme définitive 21 à 25 jours après fécondation. La fin de la maturation du fruit et des graines est marquée essentiellement par des modifications physico-chimiques et physiologiques, plus que morphologiques.

Après la maturation les capsules mûres s'ouvrent, le coton-graine floconne et sèche. Les graines achèvent leur maturation entre 21 et 30 jours, la teneur en sucres réducteurs diminue tandis-que la teneur en huile augmente d'abord lentement du 15^e au 25^e jour, puis rapidement ensuite.

Cette phase est soumise à l'action de l'eau et de la lumière jouant un rôle primordial, l'une en début de la période de maturation, et l'autre à la fin de la maturation.

2.2.6. Chute des organes fructifères ou abscission

Elle joue un rôle régulateur important chez le cotonnier, plante à floraison indéterminée. Elle se déroule en deux étapes (PARRY, 1982):

2.2.6.1. La chute des boutons floraux ou shedding préfloral

Elle intervient surtout au début de l'apparition des boutons floraux qui n'ont alors que des dimensions minuscules. Les causes sont de deux ordres:

- * Avortement des fleurs dû soit à une carence hydrique, soit à une mauvaise nutrition, soit à une insolation insuffisante, soit à un parasitisme;
- * Cause de nature physiologique, imposée par la plante elle-même, par une régulation hormonale qui arrête le développement de nouvelles fleurs, en l'absence de toute contrainte.

2.2.6.2. La chute des capsules ou shedding post floral

La chute des capsules intervient généralement au début de leur croissance. Les causes sont identiques à celles sus-citées pour les boutons floraux, mais un autre phénomène supplémentaire intervient, c'est notamment une mauvaise fécondation de l'ovaire. Celle-ci ayant pour causes :

- une abscission par fécondation insuffisante; elle intervient lorsque l'ovaire ne reçoit aucun tube pollinique ou si le nombre d'ovules fécondées est insuffisant dans les jeunes capsules;
- une abscission par contrainte: les causes sont les mêmes que celles citées au niveau du shedding préfloral;
- l'abscission physiologique imposée par la plante elle-même qui intervient en cas d'excès de fructification.

2.2.7. Phénomène de compensation

Après la perte par le cotonnier d'un certain nombre de boutons floraux ou de capsules, celui-ci réagit les jours suivants. La végétation reprend avec vigueur et compense partiellement ou totalement cette perte grâce à une double action à savoir :

- une inhibition temporaire du processus conduisant au shedding;
- une intensification de la floraison et une augmentation de sa durée.

2.3. BESOINS DU COTONNIER

2.3.1. Nutrition carbonée

Elle est assurée par la photosynthèse qui a lieu dans les feuilles vertes supports de la chlorophylle.

L'importance de l'activité photosynthétique est sous la dépendance de certains facteurs. En effet l'ouverture des stomates situés sur les feuilles est un facteur dont le retentissement est important pour l'efficacité de la photosynthèse, car c'est elle qui règle les échanges gazeux nécessaires: absorption de CO₂ et dégagement d'oxygène (PARRY, 1982). L'activité photosynthétique n'est maximale que si les stomates sont complètement ouverts.

La température optimale de végétation du cotonnier est de 27°C à 32°C.

C'est une plante héliophile, une réduction même légère de la lumière reçue a un effet sur sa croissance et son développement. Il n'est pas sensible à la photopériode.

2.3.2. Le cotonnier et l'atmosphère

Les échanges entre la plante et l'atmosphère se font à travers la respiration, l'assimilation chlorophyllienne et la transpiration.

La respiration est une dégradation d'une partie de la matière sèche végétale produite lors de la photosynthèse. Elle fournit l'énergie nécessaire au métabolisme du végétal et a lieu même à l'obscurité. Elle est contrôlée par la température, la composition de l'atmosphère et l'éclairement .

L'assimilation chlorophyllienne est sous l'influence de la lumière, de la température et a lieu dans la feuille. Elle est peu régulée par les stomates. Elle est assurée par la photosynthèse qui synthétise à partir du gaz carbonique de l'air les glucides nécessaires à la plante et produit la matière sèche.

La quantité de matière sèche produite est le résultat d'un bilan entre la photosynthèse et la respiration.

La transpiration est sous l'influence de la température et de l'ensoleillement, des humidités de l'atmosphère et du sol. Elle joue un rôle très capital dans la régulation thermo-hormonale de la plante et est régulée par les stomates.

2.3.3. Alimentation en eau

L'eau joue un rôle primordial dans la physiologie du cotonnier comme dans celle de toutes les autres plantes. Elle est un élément constitutif des tissus, mais joue aussi un rôle important dans le déroulement normal des réactions du métabolisme, de la respiration et de la photosynthèse et intervient dans la transpiration. La transpiration a, non seulement pour effet d'amorcer une succion des racines vers les feuilles permettant ainsi le mouvement de la sève brute dans les vaisseaux du bois, mais également de provoquer le refroidissement de la

plante lorsqu'elle est soumise à une radiation intense, afin que les échanges et les transformations se fassent dans des conditions favorables (PARRY, 1982).

La quantité d'eau que le cotonnier évapore pour synthétiser 1 g de matière sèche (coefficient de transpiration) est d'environ 568 g (SOLTNER, 1987).

L'eau intervient dans la nutrition du végétal, non seulement par ses éléments constitutifs, hydrogène et oxygène, mais également comme véhicule des substances diverses. Les besoins en eau du cotonnier sont très variables suivant les stades de développement et pour un stade donné suivant l'intensité de l'ensoleillement et le taux d'humidité relative. Les besoins totaux sont estimés à 600-700 mm minimum, régulièrement répartis du semis à la fructification (DEMBELE, 1985). L'eau a une influence sur la floraison et sur l'abscission des organes fructifères, par conséquent une action directe sur la production.

2.3.4. Rôles des éléments minéraux

Le cotonnier est une plante qui répond très bien aux apports d'éléments fertilisants minéraux (RICHARD, 1976). Il est très exigeant en certains éléments: azote, phosphore, potassium, soufre, bore que l'on ne trouve pas toujours en quantité suffisante dans le sol mais qui joue chacun un rôle spécifique dans la physiologie de la plante

2.3.4.1. L'azote

En culture cotonnière, lorsque les principales déficiences minérales du sol ont été corrigées, l'azote devient le facteur essentiel du rendement (RICHARD, 1976; PARRY, 1982). La nutrition azotée augmente le volume de floraison, améliore la précocité et l'azote exerce une influence déterminante sur la verdure et la croissance de la plante (RICHARD, 1976). Les réactions du cotonnier à la

fertilisation azotée sont très variées. La fertilisation azotée augmente le nombre de capsules en prolongeant la période de croissance c'est-à-dire en retardant la maturité, permettant ainsi aux fleurs et fruits formés ultérieurement de se développer jusqu'à maturité (OGUNLELA, 1984). Elle a un effet positif sur le rendement du cotonnier.

C'est surtout l'azote à l'état nitrique ainsi que dans une moindre mesure l'azote ammoniacal qui assurent la nutrition des cultures.

La nutrition azotée doit s'adapter à la nutrition du cotonnier pour satisfaire ses besoins sans excès, ceux-ci conduisant en effet non seulement à des effets dépressifs sur la production mais aussi à une acidification du sol.

2.3.4.2. Le phosphore

Le phosphore est un élément essentiel de la physiologie cellulaire, il participe à la plupart des activités biochimiques de la plante: respiration, synthèse et dégradation des glucides, synthèse des protéines, activités diastasiques, etc (PARRY, 1982; MARTIN-PREVEL et al., 1984)).

Le phosphore est pour la plante un facteur de croissance comme l'azote; son action est importante dans les stades jeunes et se marque en particulier sur le développement du système racinaire.

Il est un facteur de précocité et est un régulateur du développement de la plante; il favorise tous les phénomènes concernant la fécondation, la mise à fruit, la maturité de tous les organes végétatifs. Il améliore la longueur de la fibre de coton.

Les plantes prélèvent le phosphore dans la solution du sol sous forme d'ions $H_2PO_4^-$; accessoirement sous forme HPO_4^{2-} .

La déficience du P_2O_5 chez le cotonnier se manifeste par une teinte vert foncé, presque bleutée du feuillage, une réduction de la taille des feuilles et du

plant, ainsi qu'une diminution de la longueur de la fibre (PARRY, 1982). Elle provoque également l'arrêt du développement des racines et des parties supérieures de la plante et entraîne un sérieux retard dans la fructification et la maturation.

2.3.4.3. Le potassium

Le potassium intervient comme régulateur des fonctions de la plante ou activateur du métabolisme. Il diminue la transpiration et contribue à maintenir la turgescence cellulaire (DEMOLON, 1968) et de ce fait permet une économie d'eau dans les tissus; assurant donc une meilleure résistance de la plante à la sécheresse.

Le potassium joue un rôle important dans les réactions intervenant dans l'assimilation chlorophyllienne, la formation et la mise en réserve des glucides.

Du fait de cette influence, le potassium favorise indirectement le développement des racines et la résistance à la verse.

Lorsque la nutrition potassique est mal assurée, les cotonniers sont rabougris, les feuilles n'arrivent pas à se développer correctement ni à acquérir la couleur verte normale. Il y a apparition progressive de nécroses foliaires marginales, parfois internervaires qui se généralisent à l'ensemble de la feuille qui se dessèche totalement en restant accrochée au plant.

L'apparition de ces symptômes est progressive et se traduit par (BRAUD, 1981; 1987):

- une réduction de la production de fibre par limitation de la taille des capsules;
- un accroissement artificiel de la précocité par la limitation de la période de fructification;
- la présence de capsules momifiées.

2.3.4.4. Le soufre

Le soufre est un élément constitutif essentiel de beaucoup de protéines, au même titre que l'azote et le phosphore.

Le soufre est peu mobile dans la plante et sa déficience entraîne l'arrêt de la synthèse protéique qui conduit à une accumulation de composés solubles. Cette déficience conduit à une réduction de la taille du cotonnier dont les nouvelles feuilles jaunissent, alors que les vieilles conservent leur couleur foncée. La déficience réduit de façon importante le rendement à l'égrenage et la teneur en huile des graines (BOURELY et BRAUD, 1989).

C'est le soufre sous forme minérale représenté surtout par des sulfates qui est la forme d'alimentation essentielle de la plante (BOYER, 1982).

Le diagnostic foliaire par analyse du soufre dans la feuille donne une information précise sur l'état de la nutrition du cotonnier.

2.3.4.5. Le Bore

Le cotonnier est très sensible à la déficience en bore très caractéristique. Les pétioles présentent des renflements annulaires vert foncés pourvus d'une pilosité plus abondante, les cotonniers prennent un aspect buissonnant, les feuilles deviennent cassantes en s'épaississant et prennent une forme convexe. Il y a chute des capsules par suite d'un taux de fécondation des ovules insuffisant (PARRY, 1982; BRAUD, 1981; 1987).

La déficience en bore s'aggrave avec les apports d'azote. Dans le sol, le bore est lié à la matière organique, sa disponibilité dépend de tous les facteurs climatiques et agricoles qui affectent la minéralisation de l'humus.

2.3.4.6. Le Calcium

Le calcium a un rôle déterminant aux diverses phases de la vie cellulaire. Il intervient dans la formation des parois pectocellulosiques et assure d'autre part une meilleure résistance des tissus végétaux (MARTIN-PREVEL et al., 1984).

Il revient à cet élément un rôle physiologique qu'attestent les troubles du métabolisme survenant en son absence. Elle conduit à une chlorose et à l'arrêt de la croissance racinaire. Cependant le calcium est généralement présent en quantité importante dans les sols sous forme de carbonate, si bien qu'il est perçu comme un amendement plutôt qu'un engrais.

C'est le calcium sous forme "échangeable" qui tient à la fois les rôles d'aliment pour la plante et d'amendement pour le sol.

2.3.4.7. Le Magnésium

Le rôle du magnésium est très important dans la plupart des phénomènes vitaux des plantes. Il entre dans la composition de la chlorophylle, pigment vert de la plante. Il participe à la formation et à la mise en réserve des sucres et hydrates de carbone, protéines, vitamines...

C'est sous la forme "échangeable" que le magnésium exerce ses différents rôles (aliment et amendement).

Sa déficience se traduit chez le cotonnier par une coloration pourpre des feuilles avec des nervures restant vertes d'abord à la base du plant suivie d'une chute progressive des feuilles (BRAUD, 1981, 1987). Il s'en suit une réduction de l'activité photosynthétique.

2.3.5. Le sol

Les relations entre la plante et le sol s'établissent par l'intermédiaire des racines, les facteurs favorables ou défavorables du sol auront des conséquences sur la nutrition des plantes.

2.3.5.1. Importance du sol et dynamique racinaire

Support et pourvoyeur d'eau et des éléments minéraux pour la plante, le sol conditionne la production à la fois par ses aptitudes physiques et par ses capacités d'assurer l'alimentation de celle-ci (VILAIN, 1987). De nombreuses propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol ont une influence sur la croissance et le développement des racines (CALLOT et al., 1982).

La morphologie du système racinaire du cotonnier souligne l'intérêt d'un sol perméable, homogène, facilement pénétrable pour que la racine pivotante puisse atteindre des horizons profonds et remplir ainsi son rôle de puissant ancrage de la plante au sol et de dispositif efficace de puisage des solutions nutritives. De même, l'activité de certains constituants de la faune et le travail du sol favorisent la croissance des racines par l'amélioration de l'état du sol. L'aération et la structure du sol influent particulièrement sur le développement racinaire qui conditionne l'exploitation et l'intensité de la colonisation par les racines. En retour, le système racinaire des plantes modifie continuellement l'organisation du sol, il fragmente et désorganise les structures du plasma, transforme la porosité et l'aération (SOLTNER, 1987). Le cotonnier donne de meilleurs résultats sur les sols profonds de préférence de texture argilo-limono-sableuse ou sablo-argileuse, ayant une bonne structure, riche en éléments minéraux, en matière organique et de pH favorable (6 à 7)

Le cotonnier n'a pas d'exigence particulière en sol. Cependant lorsqu'un élément indispensable à la nutrition des plantes se trouve en quantité insuffisante dans le sol ou ne peut être prélevé par les racines, on observe des troubles physiologiques qui s'extériorisent par des symptômes et un ralentissement de la croissance. Il y a donc nécessité de faire des apports pour favoriser non seulement la nutrition des plantes mais aussi pour améliorer la qualité du sol.

2.3.5.2. Conséquences de la dégradation des sols sous culture

Dans ses études sur le maintien de la fertilité dans les systèmes de culture conduits en motorisation intermédiaire dans l'Ouest du Burkina Faso, DAKOUO (1991) fait les constatations suivantes en ce qui concerne l'évolution des divers éléments dans un intervalle de 3 à 9 ans:

- une diminution progressive de la somme des bases échangeables et de la capacité d'échange cationique accompagnée d'une baisse du pH. Cette évolution est caractéristique des sols tropicaux sous culture. En effet les études de longue durée (18 années) réalisées par l'IRCT au Burkina Faso ont montré que la mise en culture d'un sol se traduisait par une désaturation progressive du complexe absorbant;

- une diminution de la teneur en matière organique, de l'azote total, du phosphore total et du potassium ainsi qu'une baisse de la production

HIEN (1990) dans son étude "réponse aux engrais sur sols dégradés" en 19^e année de culture à Farako-bâ observe :

- des rendements insignifiants peu influencés par les engrais;
- une efficacité très limitée tendant vers zéro avec les doses fortes de l'engrais vulgarisé et de l'engrais azoté;

En outre, diverses études conduites au Burkina Faso par l'IRCT et l'INERA, montrent que dans nos conditions de sol et de climat, la minéralisation

annuelle de la matière organique se traduisait par la "perte" de l'ordre de 2% de la matière organique, ce qui correspond à environ 640 kg/ha (BERGER et al.,1987). Ainsi, les mesures de correction par des applications de restitutions organiques paraissent d'une grande importance pour la pérennité des exploitations.

2.3.5.3. Amendement organique par le fumier

Le rôle de la matière organique est capital du point de vue :

- physique, en améliorant et stabilisant la structure du sol;
- chimique, en agissant directement ou indirectement sur les conditions de la nutrition des plantes dans le sol;
- biologique, en étant la base de la vie microbienne dans le sol, facteur important de la nutrition azotée des plantes.

HIEN (1990) dans une étude "doses de fumier" réalisée dans les conditions de Farako-bâ tire les conclusions suivantes:

- l'apport de fumier est un moyen sûr, rapide et efficace pour assurer un niveau de production minimale et permettre une valorisation correcte des engrais minéraux en présence de sols relativement épuisés;
- l'apport d'amendement organique permet d'enrayer le processus de dégradation des sols cultivés dans la mesure où les phénomènes de surface sont eux aussi maîtrisés.

D'autres études (PIERI, 1989; DAKOUO,1991) montrent que l'action du fumier se traduit par une amélioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol dont l'ensemble est déterminant pour le développement des plantes.

Avec le développement de l'élevage, le fumier pourrait être le substrat organique disponible et de meilleure qualité pour établir un plan de fumure

organique équilibrée assurant la pérennité des exploitations agricoles au Burkina Faso (HIEN,1990). Un apport de 6 tonnes de fumier par hectare est recommandé pour assurer la restitution organique nécessaire. Cependant, en ce qui concerne son utilisation, des enquêtes réalisées dans la zone Ouest (BERGER et al.,1987) ont montré sa faible disponibilité à cause du système extensif de l'élevage.

2.3.5.4 Amendements calco-magnésiens

L'étude de l'amendement calco-magnésien a été réalisée de 1983 à 1986 à Farako-bâ sur un sol en 19^e année de culture où l'on constate une évolution progressive du pH. Trois doses de dolomie locale (27% CaO - 19% MgO) en apport unique ont été comparées (500 kg/ha, 1500 kg/ha, 2500 kg/ha). L'engrais coton vulgarisé (51 kg de N, 42 kg de P₂O₅, 30 kg de K₂O, 11 kg de S et 1,1 kg de B₂O₃ à l'hectare) a été appliqué sur chaque culture dont l'ordre de succession a été coton/maïs/arachide/coton. Les résultats de l'étude montrent sur les rendements, les classements suivants:

- en 1^{ère} année, seule la dose C (1500 kg/ha) est significativement supérieure au témoin A (sans engrais);
- en 2^e année, la dose D (2500 kg/ha) est significativement supérieure au témoin A;
- en 3^e année, il semble apparaître un effet dépressif global des apports de dolomie sur les rendements de l'arachide;
- en 4^e année, les traitements sont égaux; il n'y a pas de réponse sur le cotonnier même avec la dose C obtenue en 1^{ère} année.

Le diagnostic foliaire du cotonnier révèle une déficience moyenne en phosphore et très prononcée en potassium malgré des quantités suffisantes apportées chaque année sur tous les traitements.

- Du point de vue de l'évolution des caractéristiques du sol, le pH a augmenté d'une unité environ, les teneurs en calcium et en magnésium se sont améliorées et la capacité d'échange cationique s'est sensiblement accrue avec l'apport de dolomie.

D'autres études (HALLE et al., 1984) révèlent que la chaux agricole et la dolomie se sont montrées très efficaces pour accroître la capacité d'échange cationique (CEC) des sols acides tropicaux et réduire, ainsi, de 30 à 50%, les pertes par lixiviation mesurées sur colonnes de terre à l'aide d'un cation indicateur (le strontium). Le phosphate tricalcique local (burkina phosphate) permet dans les conditions de sol du Burkina (sols pauvres en phosphore) d'améliorer la nutrition phosphatée des cultures. En outre, il apporte une quantité appréciable de CaO (35%) qui se solubilise et participe à la nutrition des plantes et à l'amélioration des propriétés physico-chimiques du sol.

conclusion

Au regard des besoins nutritifs des cotonniers et du rôle physiologique joué par les éléments minéraux d'une part et d'autre part des conditions de sols présents au Burkina Faso, diverses formules de fumures sont constamment mises en oeuvre en fonction de l'évolution du milieu.

Les formules vulgarisées aujourd'hui sont :

- 14-18-18-6-1 pour le bassin cotonnier;
- 15-20-15-6-1 pour les zones intermédiaires telles que la Comoé;
- 14-23-14-6-1 pour les nouvelles zones notamment l'Est du pays

Ces fumures seront associées à des restitutions organiques par enfouissement des résidus de récolte ou par des apports de fumier à la dose de 6 tonnes à l'hectare sans faire l'impasse sur les problèmes d'amendement calco-magnésiens (chaux agricole, dolomie et burkina phosphate).

BUT DE L'ETUDE

L'essai mis en place vise à évaluer les effets des fumures de fond sur le sol ainsi que sur la croissance et la morphologie du système racinaire du cotonnier. Il cherche à montrer les influences des fumures appliquées sur la croissance végétative, l'alimentation et la production du cotonnier.

L CADRE DE L'ETUDE

Créée en 1950, la station de recherche agricole de Farako-bâ, est située à 10 Km au Sud-Ouest de la ville de Bobo-Dioulasso sur l'axe Bobo-Banfora, à une altitude de 405 m.

1.1. LES SOLS

Les données pédologiques de la station font ressortir des sols ferrallitiques moyennement désaturés, remaniés, sur matériaux argilo-sableux issus de grès. Ces sols de couleur rouge présentent une cohésion moyenne malgré une teneur en argile faible. Ils correspondent aux ferralsols rhodiques de la classification FAO/UNESCO et aux oxisols (orthox) de la classification américaine (ROCHE & AL., 1980; SANCHEZ, 1976 cités par DAKOUO, 1990).

Les caractéristiques physiques et chimiques du sol sur lequel se trouve notre essai sont précisées par les analyses y afférentes

1.2. LE CLIMAT

Située entre 11°06 de latitude Nord et 4°20 de longitude Ouest, la station jouit d'un climat type sub-soudanien caractérisé par une seule saison des pluies dont le cumul annuel varie de 950 à 1100 mm avec 130 à 150 jours de période de végétation active (HIEN, 1990). La pluviométrie de la campagne 1996/97 (figure 4) s'élève à 1004,7 mm répartie sur 77 jours de pluies. La pluviométrie moyenne annuelle observée pendant la dernière décennie est de 1014,4 mm. On note une variation importante dans le temps de la pluviométrie avec des quantités d'eau tombées irrégulières au cours de l'hivernage. Les 2^e et 3^e décades de Juillet ainsi que les 1^e et 2^e décades du mois d'Août sont marquées par de faibles quantités de pluies. L'évapotranspiration potentielle (ETP) varie de 8,9 mm/j en Janvier-Février à 3,7 mm/j en Août. Les températures sous-abri oscillent entre 35°C et 15°C avec une moyenne de 25°C; les moyennes de l'humidité relative sous-abri de Juin à Octobre varient de 68% à 82%.

Tableau 2 : Relevés journaliers de la pluviométrie, Farako-bâ, 1996

Dates	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	N	D
1							15,3			3,7		
2								15,2				
3								19,9	16,1			
4						40,4		0,6	16,3			
5						3,3	7,6		21,9	8,8		
6						12,6		5,1	3,4			
7			6,5				1,7					
8			2,8						2,9	1,5		
9				5,0				36,6				
10						10,6	17,0	2,0		1,7		
décade 1	0	0	9,3	5,0	0	66,9	78,2	42,8	60,6	15,7	0	0
11								6,3	5,3			
12								6,8	2,8	54,0		
13					62,0					0,3		
14				43,0			28,8	2,5	22,7			
15												
16								35,1	48,5			
17					4,3			1,0				
18					4,8							
19					11,0		23,3		6,8			
20												
décade 2	0	0	0	43,0	82,1	0	52,1	51,7	86,1	54,3	0	0
21				19,0				9,5	4,1	3,0		
22							0,3	2,6				
23				1,5				1,1				
24							15,8					
25			1,5		0,5	16,0		52,6	71,3			
26		0,7										
27				6,8	25,0		16,1	6,4				
28						29,0		1,4				
29					24,0		7,2		7,7			
30								1,1				
31					14,6	14,2	3,2	0,7				
décade 3	0	0,7	1,5	27,3	64,1	59,2	42,6	75,4	83,1	3,0	0	0
total mois	0	0,7	10,8	75,3	146,2	126,1	172,9	169,9	229,8	73	0	0
total an	0	0,7	11,5	86,8	233	359,1	532,0	701,9	931,7	1004,7		
nombre jours mois	0	1	3	5	9	9	12	18	13	7	0	0
nombre jours an	0	1	4	9	18	27	39	57	70	77		

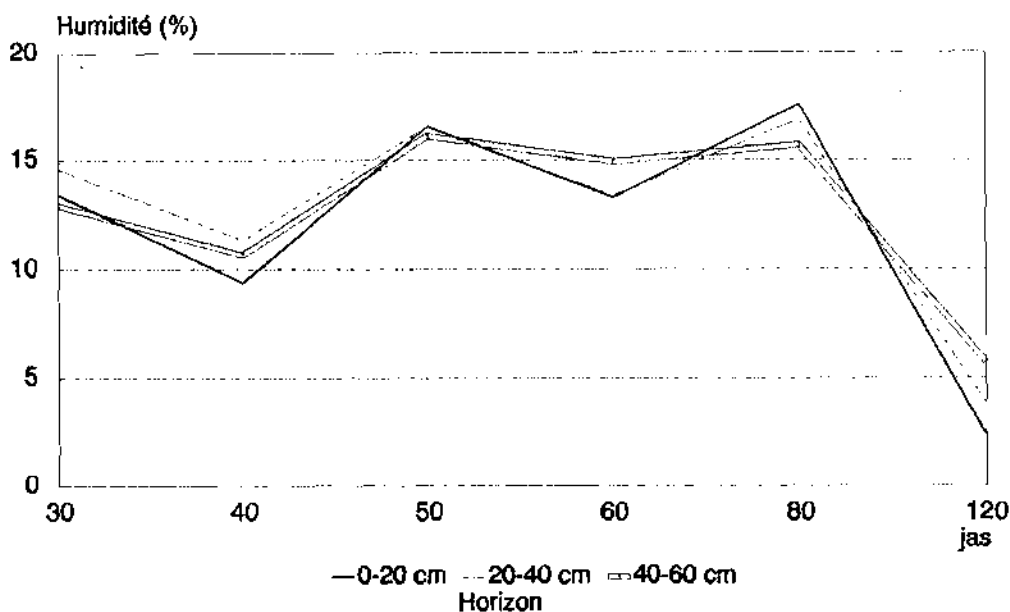


Fig. 4 : Evolution du taux d'humidité dans le sol

Des courbes d'évolution du taux d'humidité du sol en fonction de la profondeur, il ressort que le taux d'humidité varie en fonction de la pluviométrie et en fonction de la profondeur. Lorsque la quantité d'eau est faible, (2^e, 3^e décade de Juillet et 1^e décade de Août), il y a baisse des taux d'humidité sur les différentes couches de sol. Cette baisse est relativement plus importante pour les couches superficielles que pour les couches profondes. Lorsque la quantité d'eau tombée est importante (2^e décade de Août), le taux d'humidité est plus important sur les couches superficielles mais baisse rapidement au profit des couches profondes en absence d'une bonne pluie (figure 5). L'humidité est plus conservée en profondeur qu'à la surface, ce qui contribue à une meilleure alimentation des racines.

Deuxième Partie :

Effets des fumures de fond
sur l'acidité du sol et la
croissance du cotonnier

II. MATERIELS ET METHODES

2.1. MATERIEL VEGETAL

La variété de cotonnier utilisée est la *FK 290* nouvellement introduite dans la zone cotonnière Ouest qui réunit productivité agricole et qualité technologique de la fibre. Cette variété dont le cycle est de 150 jours, a un port en gobelet avec 3 à 4 branches végétatives, des capsules rondes légèrement mucronées et des entre-noeuds longs. Ses caractéristiques agronomiques sont :

- précocité: 69,2%;
- productivité : 2033 Kg/ha de coton-graine;
- rendement à l'égrenage : 42,9%.

2.2. LE SOL

L'étude a été conduite sur un sol ferrugineux tropical dont les caractéristiques physiques et chimiques sont définies dans le tableau 3.

2.3. LES FUMURES

Deux types de fumures sont utilisées de par les fonctions qu'elles assurent:

- une fumure minérale composée de l'engrais coton et de l'urée;
- des fumures de fond (amendements) comprenant la chaux agricole, la dolomie, le burkina phosphate et le fumier d'étable. Les compositions des différentes fumures sont précisées dans le tableau 2.

2.4. METHODES D'ETUDE

2.4.1. Principe

Partant d'un diagnostic précis des caractéristiques physico-chimiques du sol, la présente étude cherche à évaluer l'influence des amendements sur le pH et l'acidité du sol qui déterminent la croissance du système racinaire du cotonnier. Ainsi, différents amendements sont apportés pour contrer l'acidité du sol et permettre une bonne croissance du système racinaire déterminant son fonctionnement.

Des observations sont réalisées à différentes dates pour suivre l'évolution du système racinaire. L'alimentation minérale des cotonniers est appréciée par le diagnostic foliaire du type IRCT réalisé au 70^e jour après semis.

L'influence des fumures sur la production est également déterminée par la récolte et l'examen d'un certain nombre de paramètres dits composants de rendement.

2.4.2. Traitements étudiés

Six traitements dont les détails sont portés aux tableaux 2a et 2b, sont mis en comparaison.

Tableau 3 a : traitements étudiés

- T1: témoin sans engrais
- T2: 150 kg de 15-20-15-6-1 à 15 jas + 50 kg d'urée à 40 jas (FM).
- T3: FM + 700 kg/ha de chaux agricole (96,5% CaO) au hersage
- T4: FM + 2500 kg/ha de dolomie (27% CaO, 19% MgO) au hersage
- T5: FM + 1930 kg/ha de burkina phosphate (25% P₂O₅, 35% CaO) au hersage
- T6: FM + 6000 kg/ha de fumier au hersage.

2.4. METHODES D'ETUDE

2.4.1. Principe

Partant d'un diagnostic précis des caractéristiques physico-chimiques du sol, la présente étude cherche à évaluer l'influence des amendements sur le pH et l'acidité du sol qui déterminent la croissance du système racinaire du cotonnier. Ainsi, différents amendements sont apportés pour contrer l'acidité du sol et permettre une bonne croissance du système racinaire déterminant son fonctionnement.

Des observations sont réalisées à différentes dates pour suivre l'évolution du système racinaire. L'alimentation minérale des cotonniers est appréciée par le diagnostic foliaire du type IRCT réalisé au 70^e jour après semis.

L'influence des fumures sur la production est également déterminée par la récolte et l'examen d'un certain nombre de paramètres dits composantes de rendement.

2.4.2. Traitements étudiés

Six traitements dont les détails sont portés aux tableaux 2a et 2b, sont mis en comparaison.

Tableau 3 a : traitements étudiés

- T1: témoin sans engrais
- T2: 150 kg de 15-20-15-6-1 à 15 jas + 50 kg d'urée à 40 jas (FM)
- T3: FM - 700 kg/ha de chaux agricole (96,5% CaO) au hersage
- T4: FM - 2500 kg/ha de dolomie (27% CaO, 19% MgO) au hersage
- T5: FM - 1930 kg/ha de burkina phosphate (25% P₂O₅, 35% CaO) au hersage
- T6: FM - 6000 kg/ha de fumier au hersage.

Tableau 3 b : Apports en unités fertilisantes des traitements étudiés (kg/ha)

Elements Traitements	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	B	CaO	MgO
T1	0	0	0	0	0	0	0
T2	45,5	30	22,5	9	1,5	0	0
T3	45,5	30	22,5	9	1,5	675,5	0
T4	45,5	30	22,5	9	1,5	675	475
T5	45,5	512,5	22,5	9	1,5	675,5	0
T6	136,1	75	164,7	9	1,5	169,2	35,4

Le traitement 1 est un témoin absolu ne recevant pas d'engrais ce qui permet d'évaluer le potentiel de productivité du sol en dehors de tout apport extérieur.

La fumure minérale vulgarisée au Burkina est constituée de 150 kg/ha d'engrais coton complétés par 50 kg/ha d'urée ce que représente le traitement 2. Cette dose de fumure minérale est apportée sur les traitements 3, 4, 5 et 6 en plus des amendements.

2.4.3. Dispositif expérimental

On a utilisé un dispositif statistique en blocs de Fisher comportant six traitements et six répétitions. La parcelle élémentaire (PE) est composée de cinq lignes de 20 m, écartées de 0,8 m soit une superficie de 80 m².

La parcelle utile est constituée 3 lignes dont deux lignes d'échantillonnage réservées aux prélèvements racinaires et une ligne destinée à l'estimation du rendement. La superficie totale de l'essai est de 2880 m² (180 lignes).

2.4.4. Conduite culturale

La parcelle a été préparée par un labour au tracteur suivi de hersage. La préparation des lits de semis a nécessité un nivelage de la parcelle .

Un piquetage a permis de matérialiser les parcelles élémentaires (PE).

Le semis est intervenu le 14 juillet à cause de la très faible pluviométrie de la deuxième décade de Juin. Il a été réalisé à 5 graines par poquet espacé de 40 cm. Il n'y a pas eu de ressemis. Le démariage s'est fait à 2 pieds par poquet au 15^e jas.

Les fumures de fond que constituent la chaux agricole, le burkina phosphate, la dolomie, et le fumier ont été appliquées après hersage, et enfouies à la daba.

L'engrais coton apporté au 15^e jas a été appliqué le long de la ligne sur sillon et recouvert le même jour. L'épandage de l'urée est intervenu au 40^e jas suivi d'un buttage. Les sarclages sont réalisés au besoin pour maintenir les parcelles propres.

La protection phytosanitaire a été réalisée à la Polythrine C, à base de Cyperméthrine et de Profenofos (30-200) et à la Diméthoate 400 appliqué à 1 litre/ha tous les 14 jours du 50^e jas jusqu'au 120^e jas.

2.4.5. Observations et analyses

2.4.5.1. Prélèvements de sol

Avant l'implantation de l'essai, des échantillons de sol ont été prélevés sur les horizons 0-20, 20-40, 40-60 cm pour déterminer les caractéristiques physico-chimiques du sol. A la récolte des prélèvements sur les mêmes horizons ont été réalisés pour faire un bilan de l'évolution du pH

Les échantillons de sol prélevés sont séchés à l'étuve à 105°C pendant 24 heures, et sont analysés après un passage au tamis de 2 mm. Les méthodes d'analyses sont celles en cours au BUNASOLS (cf. annexes).

En outre, durant le cycle, des prélèvements de sol à différentes dates sont effectués pour la détermination du taux d'humidité. Les échantillons prélevés sont pesés avant et après séchage à l'étuve à 105°C pendant 48 heures.

2.4.5.2. Diagnostics racinaires

Les diagnostics racinaires sont réalisés à 30, 40, 50, 60, 80 et 120 jas. On creuse une fosse de profondeur convenable, tout autour des cotonniers avant de dégager les racines qui sont mises à nue. La profondeur d'enracinement est mesurée et la répartition des racines dans le profil est schématisée. Un comptage du nombre de racines par couche de sol permet d'établir l'importance de l'occupation du sol ainsi que l'extension latérale également mesurée.

On mesure le poids des racines au cours des diagnostics racinaires sur 4 pieds choisis au hasard dans chaque parcelle élémentaire. On note le poids humide et le poids sec après séchage à l'étuve à 105°C pendant 24 à 72 heures.

2.4.5.3. Suivi de la croissance végétative

La hauteur des cotonniers est mesurée sur 4 plants par parcelle élémentaire à 30, 40, 50, 60, 80, 120 et 150 jas. L'objectif principal est d'établir une relation entre système racinaire et croissance végétative.

2.4.5.4. Nutrition minérale (diagnostic foliaire standard DF IRCT)

Au 70^e jas, avant 9 heures on prélève les feuilles situées à l'aisselle d'une fleur ouverte le même jour et sur les premiers noeuds des branches fructifères. On note chaque fois le niveau de floraison des branches où une feuille est prélevée. Un total de 120 feuilles est retenu par traitement, soit 20 feuilles par répétition pour chaque traitement. Les échantillons prélevés sont séchés à l'air puis à l'étuve à 70°C pendant 24 heures et soumis aux analyses après broyage.

Les limbes et les pétioles constituent deux sous-échantillons :

- * Les teneurs en anions N, P, S et B sont déterminées sur les limbes;
- * Les teneurs en cations K, Ca, Mg et Na sont déterminées sur les pétioles.

2.4.5.5. Observations à la récolte

A la récolte, les observations portent sur la pesée du poids de coton-graine pour l'estimation du rendement; le comptage du nombre et la pesée du poids de capsules récoltées; le comptage du nombre de branches végétatives et fructifères. La production de matière sèche est aussi déterminée par la mesure du poids sec des tiges.

2.4.6. Les analyses statistiques

Les analyses de variance sur les paramètres observés ont été faites à l'ordinateur au moyen du logiciel STATITCF très adapté aux dispositifs utilisés en expérimentation agronomique. Le test de NEWMAN-KEUHLS est choisi pour la comparaison des moyennes lorsque l'analyse de variance révèle des différences significatives entre les objets au seuil de probabilité fixé.

2.4.7. Méthodes d'analyse de sol et de plante

La plupart des méthodes utilisées sont celles en cours au BUNASOLS (cf. annexes). L'objectif des analyses de sol est de déterminer les propriétés physico-chimiques afin de donner des informations sur l'état actuel du sol.

Les analyses au niveau de la plante portent sur les feuilles et visent à déterminer l'état de nutrition globale qui intervient dans les fonctions de production.

III. RESULTATS OBTENUS ET DISCUSSIONS

3.1. LES PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DU SOL

La connaissance d'un sol est d'une importance capitale surtout si l'on cherche à agir ou à corriger certaines de ses défaillances.

Ainsi, dans cette étude, l'analyse des propriétés physico-chimiques est un préalable indispensable pour évaluer et préciser le statut du sol devant subir l'influence des amendements appliqués. Les résultats de ces analyses sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4: caractéristiques physico-chimiques du sol, Farako-bâ, P 430S.

Caractéristiques	0-20	20-40	40-60
Granulométrie			
Argile (<2 μ) %	9,75	15,25	15,50
Limons fins %	12,75	4,50	12,75
Limons grossiers %	34,49	6,56	31,11
Sables fins %	41,68	65,25	38,77
Sables grossiers %	1,32	8,44	1,87
Refus %	32,60	14,00	47,26
Mat. org.			
M.o tot. %	0,96	0,77	0,67
C tot. %	0,56	0,45	0,39
Azote tot. %	0,09	0,07	0,07
C/N	6,20	6,85	5,40
Phosphore			
P. assimilable (ppm P)	6,94	3,05	3,45
P total (ppm P)	130	162	146
Cpexe abs.			
Calcium (Ca ⁺⁺) mc/100g	0,38	0,67	0,57
Magnésium (Mg ⁺⁺) "	0,24	0,26	0,48
Potassium (K ⁻) "	0,08	0,03	0,06
Sodium (Na ⁺) "	0,01	0,02	0,01
Somme des bases	0,71	0,98	1,12
C.E.C (T)	2,12	2,43	2,30
Saturation (S/T)*	33,0	40,0	49,0
pH eau	5,12	5,26	5,26
pH KCl	4,01	3,61	4,06
Al éch (Al ³⁺) mc/100g	0,08	0,07	0,09
Hydrogène éch (H ⁺) mc/100g	0,16	0,18	0,22

Du point de vue composition granulométrique, l'analyse montre que l'on est en présence d'un sol relativement pauvre en éléments fins (argile en particulier) dont les teneurs ne dépassent pas 15% sur 0-60 cm. Bien que l'on note une légère amélioration avec la profondeur, les teneurs en argile sont assez faibles. Sur l'horizon de surface on note la prédominance des éléments grossiers avec 43% de sables. Dans les couches plus profondes, la présence d'éléments grossiers se précise avec environ 74% de sables sur l'horizon 20-40 cm.

A cela il convient de rappeler le taux de refus qui est de l'ordre de 33% traduisant une bonne présence de gravillons. Avec un système racinaire de type pivotant, il est probable que ce sol impose un léger handicap à la croissance des racines, l'abondance des graviers pouvant freiner et affecter le profil racinaire. Les résultats sur le diagnostic racinaire nous permettront d'étayer cette hypothèse.

L'examen des caractéristiques chimiques montre que ce sol est relativement pauvre en matière organique avec des teneurs partout inférieures à 1%. Ces teneurs baissent logiquement avec la profondeur passant de 0,96 % sur 0-20 cm à seulement 0,67% sur 40-60 cm. Cette dernière teneur est d'ailleurs assez proche du seuil de déficience qui selon BERGER et al. (1987) se situe à 0,60%. A l'instar de la quasi-totalité des sols du Burkina Faso, les teneurs en phosphore sont très faibles, le phosphore assimilable se situant en deçà du seuil critique qui est de 30 ppm.

Le pH eau varie de 5,12 en surface à 5,26 en profondeur, ce qui nous indique un sol acide, le prédisposant à une bonne réponse aux amendements. Cependant, il importe de souligner que le pH du sol est sous l'influence de plusieurs facteurs occasionnant son évolution dans le temps en fonction bien entendu du climat.

Les teneurs en aluminium et hydrogène échangeables sont faibles dans le sol, ce qui écarte tout phénomène de toxicité sur les cotonniers. Cependant, on note un relatif accroissement de l'acidité d'échange avec la profondeur.

Sur le complexe absorbant, on peut surtout noter de faibles réserves en bases échangeables (0,71 mé/100g à 0-20 cm) auxquelles s'ajoute une forte désaturation. La capacité d'échange totale est également faible sur toute la

profondeur du sol, ce qui traduit un état défavorable du complexe absorbant conséquence de la pauvreté du sol en argile et en matière organique.

Comme indiqué plus haut, les analyses de sol précisent les principales caractéristiques du sol. Il en résulte une nécessité d'appliquer des amendements qui seront évalués par leur influence tant sur le pH du sol que sur la croissance du système racinaire ainsi que la production de coton graine.

3.2. EVOLUTION DU pH ET DE L'ACIDITE D'ECHANGE

Les mesures du pH sont réalisées avant la mise en place de l'essai, puis à la récolte. Les comparaisons des différentes valeurs du pH permettent d'établir son évolution en fonction des fumures apportées. Les résultats figurent dans le tableau 5.

Tableau 5 : Acidité d'échange et pH du sol à la récolte.

horizons		T1	T2	T3	T4	T5	T6
0-20	pH eau	5,70	5,14	5,42	5,08	5,45	5,41
	pH KCl	4,29	3,95	4,06	3,86	4,02	4,06
	Al éch	0,08	0,24	0,14	0,24	0,20	0,16
	H ⁺	0,16	0,48	0,34	0,40	0,28	0,24
20-40	pH eau	5,73	5,44	5,45	5,03	6,54	5,66
	pH KCl	4,11	3,95	4,08	4,00	4,19	4,21
	Al éch	0,20	0,36	0,20	0,36	0,28	0,20
	H ⁺	0,40	0,60	0,36	0,52	0,36	0,28
40-60	pH eau	5,49	5,15	5,23	5,10	5,51	5,60
	pH KCl	4,11	4,07	4,11	4,05	4,18	4,28
	Al éch	0,48	0,48	0,32	0,64	0,28	0,20
	H ⁺	0,84	0,88	0,56	0,88	0,64	0,28

On note une légère élévation du pH, qui à priori, devrait être interprétée avec la plus grande prudence et la plus grande réserve. Néanmoins, les faibles variations pourraient s'expliquer par la pluviométrie de la campagne qui a été assez capricieuse. CHARLES (1968), souligne que des variations importantes du pH sont sous l'influence de divers facteurs; ces variations sont d'autant marquées que le sol possède une faible capacité d'échange comme celle observée dans notre étude. Si l'on considère ces variations instantanées du pH, il résulte que l'application des amendements tels que la chaux agricole, la dolomie et le fumier n'engendrent pas une amélioration systématique du pH pendant l'année de leur apport. C'est sur le complexe absorbant qu'il faut agir pour améliorer indirectement le pH de la solution du sol en apportant des amendements (CHARLES, 1968). En revanche, si l'on néglige de telles variations du pH, on notera une amorce de l'élévation du pH sous l'influence des amendements apportés. Pour maintenir le pH d'un sol à un niveau satisfaisant, il faut compenser régulièrement les pertes et ne pas se contenter d'un apport important exceptionnel. C'est pourquoi les fumures de fond utilisées dans la présente étude sont d'une validité de 3 ans maximum renouvelables par de nouveaux apports.

Un examen de l'acidité d'échange et des teneurs en aluminium échangeable, montre que ces dernières augmentent avec le pH ce qui est contradictoire. En dépit de l'amélioration du pH sous l'influence probable des amendements appliqués, l'on se situe dans une gamme de pH où les teneurs en aluminium échangeable sont très variables. Autrement dit, les augmentations de pH n'ont pas été suffisantes pour influencer les teneurs d'aluminium échangeables. On sait par ailleurs que l'aluminium échangeable apparaît souvent de façon inattendue même à des pH nettement supérieurs à 5. Sa disparition n'est certainement pas aussi brusque que son apparition. Les amendements appliqués ne semblent pas du tout induire une diminution des teneurs en aluminium échangeable même si une amélioration du pH leur est imputable.

3.3. INFLUENCE DES FUMURES SUR LE SYSTEME RACINAIRE

Les diagnostics racinaires réalisés ont permis de préciser quelques informations sur l'évolution du système racinaire. Les tableaux ci-dessous présentent ces résultats qui montrent d'une part, l'évolution du poids des racines et d'autre part leur croissance numérique et spatiale.

3.3.1. Croissance pondérale des racines

L'importance de la masse racinaire vivante est appréciée par la mesure du poids des racines durant le cycle du cotonnier, indiquée au tableau 6.

Tableau 6 : Evolution du poids sec des racines (g) des cotonniers

traitements	30 jas	40 jas	50 jas	60 jas	80 jas
T1	0.12	0.69	1.43	2.27 b	4.60 c
T2	0.12	0.77	1.70	2.65 b	8.16 ab
T3	0.13	0.71	1.68	2.82 b	6.68 b
T4	0.13	0.71	1.51	2.31 b	6.51 b
T5	0.12	0.76	1.67	3.47 a	7.53 ab
T6	0.15	0.92	1.87	3.78 a	9.40 a
Tests					
Fc:	0.7	1.15	0.84	9.18	8.54
CV%:	24.4	25.5	25	17.4	19.2
Var:	NS	NS	NS	S	S

NB: Dans une colonne d'un tableau, les données suivies par la (ou les) même (s) lettre (s) ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité 5% selon le test de Newman-Keuhls. Par contre, les données suivies

par des lettres différentes sont statistiquement différentes.

NS : Non significatif

S : significatif

Les racines des végétaux constituent la masse de matière vivante la plus importante dans le sol et leur rôle est primordial tant du point de vue mécanique que pour la solubilisation des minéraux (CATROUX cité par GACHON et al., 1975).

On note une augmentation progressive du poids des racines au cours du cycle résultant de la croissance du système racinaire des cotonniers due à un accroissement de leur nombre et dimension (cf. tableaux ci-dessous) d'où une colonisation plus importante du sol. A ce propos, GACHON (1975) note que la croissance racinaire agissant par allongement et ramification conduit à prospecter des zones de sol de plus en plus étendues au cours du cycle végétatif augmentant ainsi la capacité de la plante à s'approvisionner en eau et en éléments nutritifs.

Les différences de poids ne sont pas significatives entre les traitements avant 60 jours après semis (jas). Il y a des différences significatives à 60 jas. A 80 jas, phase de floraison maximale, le poids des racines est influencé par les traitements. L'analyse de variance du poids sec des racines à 80 jas révèle des différences significatives entre traitements.

L'application du fumier entraîne une forte augmentation du poids des racines. Ce résultat corrobore ceux de CISSE cité par PIERI (1989) qui indique que le fumier favorise la croissance pondérale des racines, mais aussi augmente "l'activité racinaire".

Malgré l'action favorable reconnue du phosphore sur la croissance racinaire, les effets de l'association burkina phosphate-engrais coton et de

l'engrais coton (référentiel) s'équivalent statistiquement. Ceci peut s'expliquer par le fait que le burkina phosphate est pauvre en phosphore soluble. Ces effets s'observent à long terme au fur et à mesure de la dissolution des phosphates insolubles.

La chaux agricole (T3) et la dolomie (T4) n'entraînent aucune amélioration du poids des racines par rapport à la fumure vulgarisée (T2). Au contraire, ces apports semblent y induire des effets dépressifs.

Par ailleurs, CHOPART (1984), a montré que le poids des racines ne permet pas d'évaluer la colonisation réelle du sol par les racines et leur aptitude à prélever les éléments nutritifs et l'eau du sol. En 1982, CALLOT et al. signalaient que le poids des racines n'est pas le meilleur critère pour apprécier les capacités d'absorption minérale des plantes. Cette capacité est fonction de la colonisation du sol par les racines, elle-même caractérisée par la profondeur de l'enracinement, le nombre de racines latérales et leur répartition dans le sol.

L'influence des fumures appliquées restant assez variable sur le poids des racines, nous évaluerons leur influence sur d'autres paramètres pour mieux comprendre la dynamique du système racinaire.

3.3.2. Profondeur d'enracinement

Le suivi de la progression du front racinaire en profondeur au cours du cycle cultural a donné les résultats consignés dans le tableau 7.

Tableau 7 : Evolution de la profondeur de la racine pivotant des cotonniers (cm)

traitements	30 jas	40 jas	50 jas	60 jas	80 jas	120 jas
T1	14.38	18.10	19.70	29.41	30.63	40.36
T2	12.08	16.60	21.06	27.22	27.50	33.92
T3	15.15	18.98	19.76	29.14	30.62	46.12
T4	16.04	15.32	17.67	29.39	32.09	37.54
T5	17.38	19.90	20.63	32.23	36.80	47.55
T6	15.74	17.86	21.63	35.69	35.69	39.54
Tests						
Fc:	1.41	2.19	1.84	1.36	0.65	2.02
CV%:	24.4	15.3	12.5	25.0	27.7	21.8
Var:	NS	NS	NS	NS	NS	NS
pluies						
(mm)	150,6	51,8	62,2	65,9	167,6	69,3

L'analyse de variance ne révèle pas de différences significatives entre les traitements pour la profondeur d'enracinement. L'examen des résultats montre que la profondeur d'enracinement reste relativement faible (33 à 47 cm) à 120 jours après semis (jas). Ces résultats confirment des travaux similaires notamment ceux de BERGER (1969), KOULIBALY (1992) et DAKOUO et al. (1993, 1994, 1995). Ces auteurs montrent en effet que l'enracinement du cotonniers sur sol dégradé reste superficiel. La majorité des racines explore les horizons de surface relativement plus riches en nutriments donc favorables à la croissance des cotonniers. Comme le montrent les analyses de sol, la forte présence d'éléments grossiers (gravillons) sur cette parcelle serait à l'origine des blocages de la racine pivotante observés par endroit. Ces observations montrent que la texture du sol est un facteur essentiel de la croissance racinaire. En plus,

les profondeurs d'enracinement des cotonniers sont statistiquement identiques à 120 jas pour tous les traitements. La profondeur d'enracinement moyenne qui est de 40 cm, reste approximativement identique pour tous les traitements.

Un tel enracinement superficiel pourrait avoir des conséquences sur la croissance des cotonniers. En effet, selon CARMÍ et SHALHEVET (1982), un système racinaire limité peut entraîner une réduction de la croissance des cotonniers qui deviennent du même coup sensibles aux variations d'humidité dans le sol.

Cependant, l'architecture du système racinaire du cotonnier comprend aussi des racines latérales dont l'importance dans la nutrition des cotonniers est grande. Cette observation nous conduit à examiner l'extension latérale des racines du cotonnier dont dépend fortement leur aptitude à coloniser le sol. L'extension latérale des racines désigne en fait leur croissance horizontale à partir de la racine pivotante d'où partent diverses ramifications.

3.3.3. Extension latérale des racines

L'appréciation de la zone colonisée par les racines nous a conduit à mesurer l'extension latérale des racines. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 8.

Tableau 8 : Extensions latérales des racines (cm)

traitements	60 jas	80 jas	120 jas
T1	25.62	30.98	45.71
T2	19.35	39.54	44.38
T3	17.85	32.20	43.04
T4	22.36	35.31	43.77
T5	22.20	32.23	44.92
T6	21.98	32.39	44.50
Tests			
Fc:	1.09	1.06	0.24
CV%:	29.4	22.3	10.5
Var:	NS	NS	NS

L'analyse de variance ne révèlent pas de différences significatives entre les traitements.

Un volume potentiel moyen de 0,5 m³ serait colonisé par les racines. Cette bonne colonisation du sol par les racines est favorable aux cotonniers dont l'alimentation hydrique et minérale est d'autant améliorée que la zone explorée par les racines est grande.

La vitesse moyenne générale de croissance latérale des racines est d'environ 0,36 cm par jour au 60^e jas. Cette vitesse de croissance augmente pour atteindre 0,61 cm par jour entre 60 et 80 jours après semis (jas), date après laquelle elle diminue à 0,27 cm par jour.

L'extension latérale des racines est d'autant plus importante dans la nutrition que le nombre de racines latérales est élevé. On observe (tableau 9) en moyenne 14 à 18 racines latérales par pied ce qui témoigne d'une bonne colonisation du sol.

3.3.4. Nombre de racines latérales

Le suivi de l'évolution du nombre de racines latérales dans le sol donne des informations sur la morphologie du système racinaire des cotonniers.

Tableau 9 : Evolution du nombre de racines latérales

traitements	40 jas	50 jas	60 jas	80 jas	120 jas
T1	8	11	11	15	16
T2	9	11	13	16	18
T3	8	10	11	17	18
T4	8	10	12	15	16
T5	11	14	14	15	16
T6	11	13	13	14	14
Tests					
Fc:	2.83	1.57	1.52	1.27	0.89
CV%:	18.6	19.7	16.7	17.8	18.6
Var:	NS	NS	NS	NS	NS

Les nombres de racines latérales sont statistiquement homogènes et évoluent sensiblement entre 40 et 80 jours après semis (jas); mais au delà, on ne note plus que de faibles variations. Cela confirme les travaux de KOULIBALY (1992) qui montrent que l'architecture du système du cotonnier est complètement établie à partir de 80 jas.

Dans une telle analyse du système racinaire, il est important d'apprécier la répartition spatiale des racines. Pour cela, on a retenu essentiellement deux horizons (0-10 et 10-40 cm) sur lesquels les racines ont été examinées.

3.3.5. Distribution des racines dans le sol

La distribution des racines dans le sol donne une idée de la colonisation des horizons considérés.

Tableau 10 : Répartition des racines latérales par couche de sol à 60 et 120 jas

Traitements	60 jas		120 jas	
	0-10 cm	10-40 cm	0-10 cm	10-40 cm
T1	7	4	11	10
T2	9	4	12	11
T3	8	3	12	11
T4	7	5	13	8
T5	10	4	11	10
T6	8	5	10	9

Les traitements ne semblent pas avoir eu un effet sur la distribution des racines dans le sol. L'examen des résultats montre entre les deux dates (60^e et 120^e jas) une augmentation plus importante du nombre des racines dans la couche 10-40 cm que dans celle 0-10 cm. On note à 60 jours après semis (jas) que 66% de racines latérales colonisent l'horizon 0-10 cm. Ce rapport nombre de racines latérales sur 0-10 cm/nombre total de racines latérales diminue à 54% à 120 jas. Cependant, les observations des profils laissent apparaître que ces racines au cours de leur extension progressent vers les couches relativement profondes du sol, améliorant les possibilités pour celles-ci de remplir leur fonction.

Il ressort en outre de ces observations que la distribution des racines dans

les horizons n'a été que très peu influencée par les traitements.

Conclusion

Les résultats obtenus sur le système racinaire du cotonnier n'ont pas permis de mettre en évidence des effets particuliers des amendements sur l'enracinement des cotonniers sauf sur le poids des racines des cotonniers. Les variations du poids des racines seraient dues à des augmentations de la grosseur des racines mais aussi à une émission importante de racines tertiaires non appréciées par notre étude.

La profondeur d'enracinement est de façon générale superficielle mais la colonisation du sol semble relativement bonne. Une analyse de la pluviométrie durant le cycle du cotonnier associée aux études de profils racinaires montre que les difficultés d'enracinement seraient dues aux faibles quantités d'eau tombées pendant les 2^e et 3^e décades de juillet ainsi que durant les 1^{ère} et 2^e décades du mois d'août (moins de 40 mm). L'arrêt précoce des pluies en octobre a eu pour conséquence l'arrêt de la croissance des racines.

La présence de gravillons dans les horizons de surface provoque le blocage de la racine pivotante. Ce constat est en concordance avec les résultats d'autres études (BOYER, 1982; MARINI et al., 1978; CALLOT et al., 1982). MARTIN-PREVEL et al. (1984) montrent que la possibilité pour les racines de remplir leurs fonctions se trouve dépendre en effet des propriétés du milieu (conditions physico-chimiques du sol, température, aération, régime hydrique) qui vont conditionner le développement et l'absorption racinaire, mais aussi la disponibilité plus ou moins grande des divers éléments minéraux, et de l'état sanitaire des racines, toutes choses qui influencent le rendement des cotonniers.

3.4. EFFETS DES FUMURES SUR LA PRODUCTION

3.4.1. Rendement et composantes de rendement

3.4.1.1. Rendements

Les données relatives au rendement sont présentées dans les tableaux 11 et sur la figure 7.

Tableau 11 : Rendement en coton graine (kg/ha)

traitements	kg/ha	indices	Analyses
T1	1313 c	78	
T2	1685 b	100	Fc : 7,25
T3	1879 ab	112	Var : S.
T4	1819 ab	108	CV %: 13,5
T5	1842 ab	109	ppds 5%: 355 kg/ha
T6	2102 a	125	

Avec le témoin sans engrais on obtient un bon rendement qui est cependant faible par rapport aux autres traitements ayant reçus les fumures. Les associations amendements et fumure minérale vulgarisée se sont avérées intéressantes sur la production de coton graine. Par rapport à la fumure minérale vulgarisée, l'association du fumier permet d'obtenir un supplément de rendement de +25% soit 417 kg/ha de coton graine. Cela confirme bien l'intérêt des associations fumier et engrais minéraux que soulignent diverses études (PIERI, 1987; ARRIVETS, 1987; HIEN, 1990; DAKOUO, 1991; DAKOUO et al., 1993; 1994; 1995).

Dans les mêmes conditions, on observe des effets quasi-identiques pour le burkina phosphate (+ 9%), la chaux agricole (+12%) et la dolomie (+8%) qui sont significativement supérieurs à la fumure vulgarisée (T2).

Ces résultats nous permettent de déduire que les amendements appliqués ont un effet positif sur les rendements ce qui atteste leur intérêt dans l'amélioration quantitative de la production de coton graine au champ.

3.4.1.2. Composantes de rendement

Ces facteurs sont très déterminants dans l'objectif de la production de coton graine.

3.4.1.2.1. Densités des cotonniers à la récolte

Les résultats sont présentés dans le tableau 12.

Tableau 12 : Densités des cotonniers à la récolte

traitements	Densités(plts/ha	indices	Analyses
T1	58229	97	
T2	60313	100	Fc : 1 72
T3	60313	100	Var. : N.S
T4	61563	102	cv % : 4,4
T5	59271	98	
T6	57813	96	

Les densités observées à la récolte sont satisfaisantes, statistiquement homogènes et elles sont proches de la densité théorique recommandée qui est de 62500 plants à l'hectare. Ces observations montrent que les densités ne sont pas influencées par les différents apports mais dépendent des aléas climatiques en particulier la pluviométrie dont la faiblesse et l'irrégularité à la mise en place de l'essai ont été déterminantes. Les soins culturaux ainsi que les conditions du sol sont aussi des facteurs qui peuvent influencer les densités.

3.4.1.2.2. Nombre de capsules et poids moyen capsulaire

L'objectif de la production de coton graine passe par la production de capsules dont dépendent étroitement les rendements. Les mesures de ces composantes du rendement donnent les résultats présentés au tableau 13.

Tableau 13 : nombre de capsules récoltées et poids moyen capsulaire

traitements	capsules/ha	%	cap/pied	%	PMC (g)	%
T1	316146 b	79	5,39 b	81	4.10	98
T2	401563 a	100	6,65 a	100	4.17	100
T3	447708 a	112	7,42 a	112	4.20	101
T4	428438 a	107	6,95 a	105	4.24	102
T5	436042 a	109	7,35 a	111	4.20	101
T6	454271 a	113	7,92 a	119	4.64	111
Analyses						
Fc	7.55		8.01		1.24	
Var	S		S		NS	
CV%	11.1		10.9		9.9	
ppds5%	67965 capsules		1.13 capsules			

Les résultats obtenus sur le nombre de capsules par pied ne montrent pas de différences significatives entre les traitements recevant les fumures. Cependant, on constate qu'au point de vue arithmétique, les meilleurs résultats sont obtenus quand on associe à l'engrais coton les amendements. L'effet de l'association avec le fumier est plus important (+19%). Les effets de la chaux agricole (+12%) et du burkina phosphate (+11%) sont aussi remarquables. La dolomie entraîne un supplément de capsules de 5% par rapport au référentiel. On compte 5 à 8 capsules par pied ce qui est faible par rapport au nombre moyen théorique qui est de 12 capsules par pied de cotonnier.

L'observation du nombre de capsules à l'hectare montre les mêmes tendances que plus haut.

Le nombre de capsules produites par plant est un indicateur du rendement; cependant, il ne doit pas être dissocié du poids moyen capsulaire (PMC).

L'analyse de variance du poids moyen capsulaire montre qu'il y a pas statistiquement de différences significatives entre les traitements. Cela traduit une assez faible influence des fumures sur ce paramètre. En effet le poids moyen capsulaire est un caractère variétal faiblement influencé par les conditions de culture.

La comparaison du nombre de capsules avec le rendement montre qu'ils évoluent dans le même sens (figure 6). On observe des effets positifs de la complémentarité amendement et fumure minérale vulgarisée par rapport à la fumure minérale vulgarisée seule.

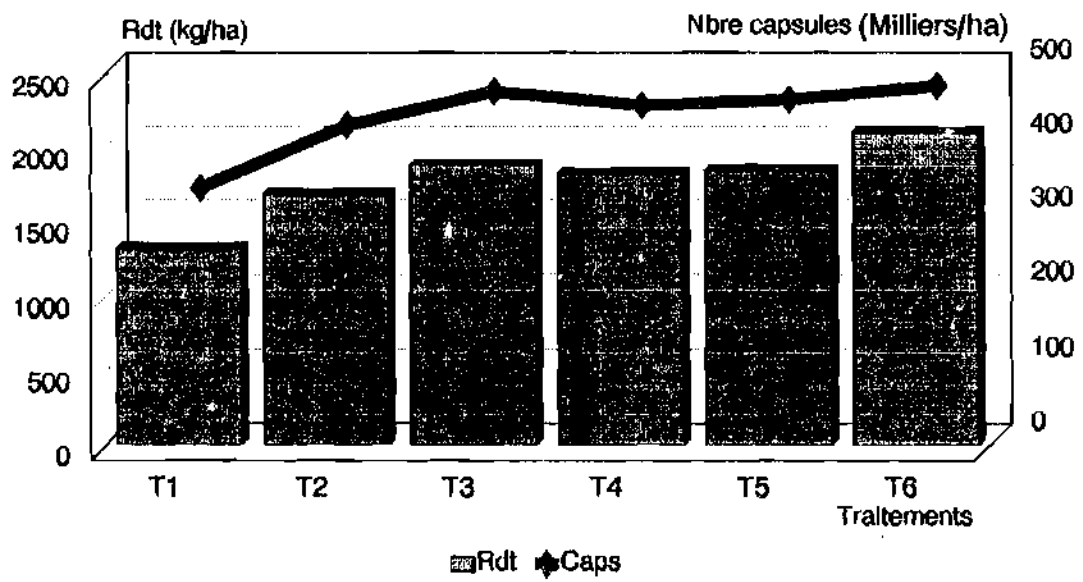


Fig. 5: Evolution comparative du rendement et du nombre de capsules

3.4.2. Croissance végétative

3.4.2.1. Hauteur des cotonniers

La hauteur finale qui témoigne des conditions qui ont prévalu au cours de la campagne donne les résultats suivants présentés dans le tableau 14.

Tableau 14 : Hauteur des cotonniers à la récolte

traitements	Hauteurs (cm)	Indices
T1	137 c	81
T2	168 ab	100
T3	165 ab	99
T4	161 b	96
T5	166 ab	99
T6	179 a	107
Tests		
Fc:	16,40	
Var:	S	
CV%:	5,20	
ppds5%:	12,67	

Pour la croissance végétative, à laquelle est étroitement liée la production, les analyses de variance des hauteurs des cotonniers font apparaître des effets significatifs pour le facteur traitement.

Les observations montrent que la croissance végétative a été très bonne en témoigne la taille moyenne des cotonniers (163 cm) ainsi que la hauteur des cotonniers du témoin absolu (137 cm) ce qui justifie en partie les bons rendements obtenus;

L'application du fumier a favorisé une meilleure croissance végétative alors que les effets de la chaux agricole et du burkina phosphate s'apparentent beaucoup plus à celui de l'engrais coton (figure 6). En revanche on note avec la dolomie des cotonniers de taille inférieure à celle des cotonniers du référentiel. Néanmoins on a noté pour ces amendements des productions de coton graine supérieures à celle de l'engrais coton.

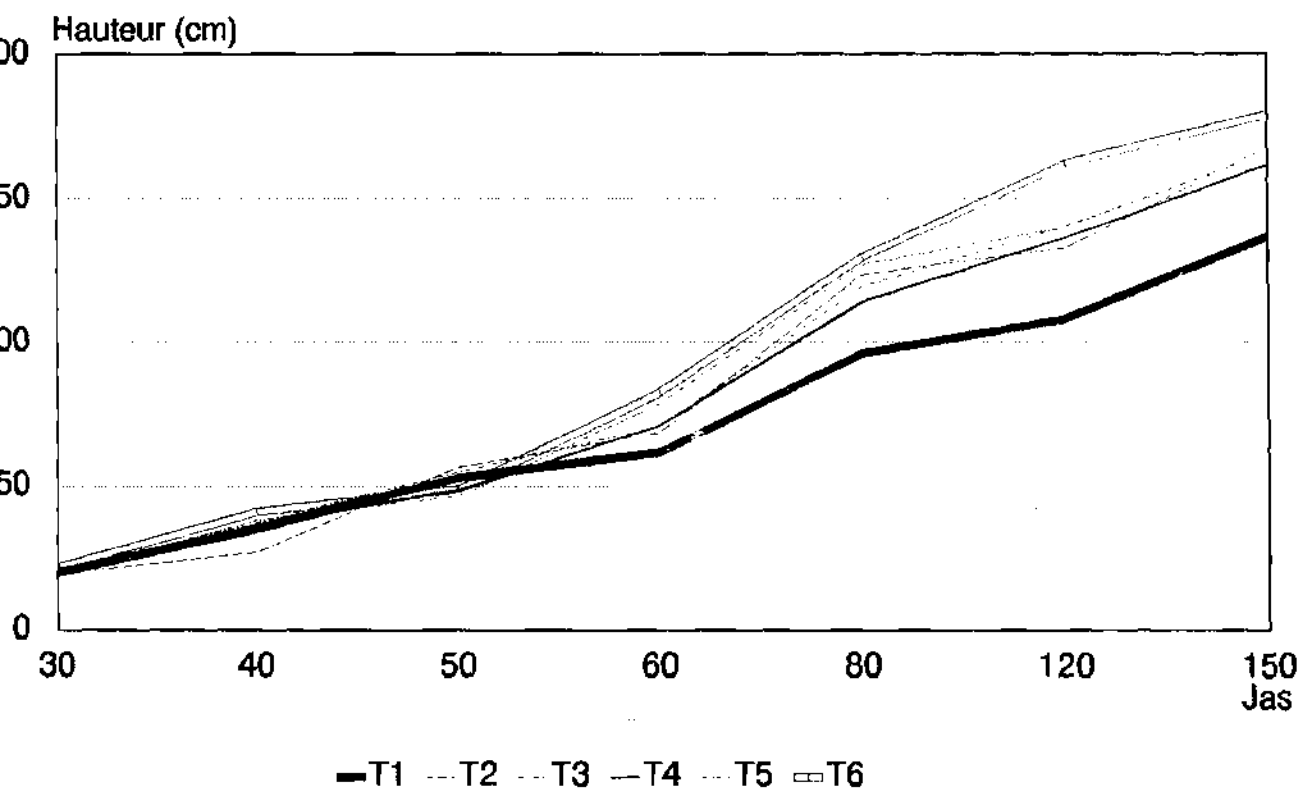


Fig. 6 :Evolution de la hauteur des cotonniers, P.430 S

La croissance végétative étant aussi marquée par l'émission de branches végétatives et fructifères sur lesquelles naissent les organes producteurs, l'examen de ceux-ci nous permettra d'avoir des informations supplémentaires.

3.4.2.2. Branches végétatives et fructifères

Les observations sur les branches végétatives et fructifères ont donné les résultats présentés au tableau 15.

Tableau 15 : Nombre de branches végétatives et fructifères

traitements	Branches végétatives	Branches fructifères
T1	1.45	10.55 b
T2	1.65	11.55 ab
T3	1.83	12.49 a
T4	1.55	12.20 a
T5	1.58	12.31 a
T6	1.85	12.79 a
Tests		
FC	2.09	5.37
Var	N.S.	S.
cv%	16.1 ²	7.2

L'analyse de variance du nombre de branches végétatives ne révèle pas de différences significatives ce qui traduit une assez faible influence des traitements sur ce paramètre. Cependant on observe des différences quant à la taille de ces branches sous l'effet des traitements.

Le nombre de branches végétatives qui peut atteindre 3 à 4 dans de bonnes conditions, est ici limité à 2 par la pauvreté du sol et les insuffisances d'eau en début de campagne suite aux faibles pluviométries.

Contrairement au nombre de BV, l'analyse du nombre de branches fructifères (BF) met en évidence des effets amendements significativement supérieurs à celui du témoin de référence. Là encore la taille des branches est caractéristique de chaque objet.

La mesure du poids des tiges sèches donnera des informations utiles quant à la croissance végétative.

3.4.2.3. Production de matière sèche aérienne

La production de matière sèche par plant est évaluée après la coupe des tiges de cotonniers qui sont ensuite séchées à l'air libre pendant deux semaines au moins. Les résultats sont présentés dans le tableau 16.

Tableau 16 : Production de matière sèche (g) et indice de fructification des cotonniers.

traitements	mat. sèche/pied	indices	mat sèche/poids sec rac à 80 jas	indice de fructification
T1	30.52 c	71	6.25	1.14
T2	43.12 b	100	5.26	1.01
T3	44.78 b	104	6.67	1.06
T4	43.85 b	102	6.67	1.04
T5	46.33 b	107	6.25	1.06
T6	61.69 a	143	6.25	0.90
TEST				
Fc.	12.63		1.81	2.04
Var	S		NS	NS
CV%	15.2		18.6	13.4
ppds 5%	10.18 g			

L'analyse de la matière sèche produite par plant, nous donne un effet spectaculairement important du fumier (+43%). Les effets des autres amendements s'apparentent beaucoup plus à celui du référentiel mais positifs (+3% pour la chaux agricole, +1% pour la dolomie et +7% pour le burkina phosphate). La lente réaction de ces amendements explique leur faible effet sur la croissance des cotonniers et partant sur le poids de matière sèche. L'augmentation de la production de la matière sèche occasionnée par les amendements seraient à l'origine de l'augmentation du rendement des cotonniers.

Le rapport poids de matière sèche aérienne/poids sec racinaire à 80 jas est faible par rapport aux résultats de PIERI (1989) qui montre que ce rapport atteint 10 pour une culture de coton. De plus, il est à noter que les amendements n'ont eu que très peu d'influence sur ce rapport.

Le rapport poids total des capsules (poids coton graine et capsules vides)/poids matière aérienne nous renseigne sur le développement des organes fructifères par rapport aux organes végétatifs et désigne l'indice de fructification (cf tableau 16).

Si le rapport est supérieur à 1, il y a un développement des organes fructifères plus important (cas du témoin);

Si le développement des organes est harmonieux (cas du référentiel et un peu moins de la chaux agricole, du burkina phosphate et de la dolomie) le rapport est voisin de 1;

Par contre, l'apport du fumier en association avec l'engrais coton a entraîné une meilleure production de matière sèche au détriment des capsules avec un ratio poids des capsules/poids de matière sèche de 0,90.

Cependant, l'analyse de variance ne révèle pas de différences significatives entre les traitements pour ce paramètre.

conclusion

Les fumures appliquées ont eu des effets favorables sur la croissance végétative qui s'est traduite par des cotonniers de hauteur relativement plus grande et des branches plus longues et plus grosses. Il s'ensuit une matière sèche produite plus importante et une production de coton graine plus élevée comparativement à l'objet ayant reçu la fumure vulgarisée seule.

3.5. ETUDE DE LA NUTRITION DES COTONNIERS

Le suivi de la nutrition a été effectué au 70^e jas par le diagnostic foliaire standard (DF. IRCT). Les résultats de ces analyses permettent de déterminer les indices de nutrition.

NB : L'appréciation des indices de nutrition de l'azote, du potassium, du phosphore et du soufre se fait à partir des normes suivantes :

- nutrition optimale = ou > 100%;
- nutrition bonne entre 90-100%;
- nutrition déficiente entre 90-80%;
- nutrition carencée < 80%.

3.5.1. Nutrition azotée et phosphatée

Les résultats sont présentés au tableau 17.

Tableau 17 : teneurs et indices de nutrition en azote et en phosphore
(% M.S.)

traitements	teneur N %	teneur P ₂ O ₅ %	F(N) %	F(P) %
T1	3,93	0,43	82,85	94,62
T2	4,06	0,54	89,53	104,02
T3	4,34	0,54	93,72	104,72
T4	4,30	0,54	93,55	106,42
T5	4,00	0,62	88,58	106,91
T6	4,62	0,74	97,26	108,74

La fonction de production correspondant à la nutrition en azote est donnée par la formule suivante :

$$F(N) = -1,65 + 14,55N + 3,84/P + 1,42p$$

N = teneur en azote (%)

P = teneur en phosphore (%)

p = poids sec de 30 feuilles (séchage à l'étuve à 70°C)

La fonction de production correspondant à la nutrition phosphatée est :

$$F(P) = 82,89 - 5,87/P + 1,45 \times p + 12,45 \times S$$

P = teneur en phosphore (%)

p = poids sec de 30 feuilles

S = teneur en soufre (%)

L'examen des résultats révèle une bonne nutrition phospho-azotée excepté le témoin sans engrais sur lequel la nutrition azotée est déficiente. Cette nutrition est améliorée par les fumures appliquées. Les amendements se répercutent par une nette amélioration de cette nutrition. Une bonne nutrition azotée induit une bonne nutrition phosphatée (IRCT, 1982; MARTIN-PREVEL et al., 1984). Ainsi, l'apport de l'azote sous forme organique à travers le fumier s'est traduit par une amélioration exceptionnelle de la nutrition azotée par rapport à celle de l'engrais coton. La nutrition phosphatée du cotonnier n'est pas influencée par le chaulage ce qui confirme les résultats de BRAMS cité par GUIRA (1988).

La nutrition phosphorique est exceptionnellement bonne dépassant 100%, ce qui pourrait être source de consommation de luxe, qui n'a pas été perçue sur les cotonniers. Ce phénomène nous apparaît normal étant donné que l'engrais coton dans sa formulation (15-20-15-6S-1B) est conçu pour redresser les carences du sol en cet élément. Cette nutrition phosphatée bonne confirme les réserves émises à l'endroit des résultats des analyses de sol, du moment où l'aluminium diminue l'assimilabilité du phosphore (PIERI, 1973).

La nutrition phospho-azotée est une composante essentielle du rendement du cotonnier. A ce titre elle est en mesure d'expliquer les bons rendements obtenus.

3.5.2. Nutrition potassique, calcique et magnésienne

Les résultats concernant la nutrition potassique et celle en calcium et en magnésium sont consignés dans le tableau 18.

**tableau 18 : teneurs et indices de nutrition en potassium et
teneurs en calcium et en magnésium (% M.S.)**

traitements	teneur K %	F(K) %	teneur CaO %	teneur MgO %
T1	4,41	93,02	1,48	0,31
T2	4,08	94,42	1,26	0,32
T3	5,55	98,49	1,49	0,35
T4	4,91	95,46	1,29	0,35
T5	4,99	97,8	1,18	0,29
T6	5,70	100,03	0,96	0,21

La formule de la fonction de production du potassium est :

$$F(K) = 93,11 - 71,08/K + 2,25/S + 2,99F$$

K = teneur en potassium (%)

S = teneur en soufre (%)

F = niveau de floraison

L'examen des résultats révèle que la nutrition potassique est satisfaisante pour tous les traitements. Les fumures appliquées améliorent cette nutrition qui est d'avantage meilleure lorsqu'on associe les amendements à l'engrais coton. L'apport du potassium sous forme organique à travers l'application du fumier s'est traduit par une nutrition potassique optimum (100,03%).

La nutrition en calcium est relativement satisfaisante même si les teneurs observées sont en deçà de 1,5% représentant l'optimum. Les fumures appliquées n'ont pas eu d'influence notable sur les teneurs en calcium qui baissent considérablement en présence du fumier à cause de l'accroissement des teneurs

en potassium organique entraîné par l'application du fumier. Cet accroissement de la teneur de potassium limiterait l'assimilation du calcium à l'origine des résultats observés.

En ce qui concerne le magnésium, les teneurs observées sont assez homogènes mais faibles ce qui n'exclût pas un effet antagoniste de l'assimilation potassique. Le rapport K_2O/MgO est dans tous les traitements, largement supérieur à 3 (valeur d'équilibre) ce qui entrave logiquement l'assimilation du MgO et explique les résultats. LOUE (1980), à propos de l'antagonisme K/Mg montre qu'il y a absorption préférentiel des ions K par les plantes et les ions Mg dont la vitesse de diffusion est beaucoup plus faible voient leur pénétration d'autant plus affectée que la plante a plus absorbé de K.

Les amendements par le fumier et le burkina phosphate affichent les plus faibles teneurs en Mg par rapport aux autres objets et à la teneur optimale en cet élément qui est de 0,60%. La dolomie et la chaux agricole montrent des teneurs relativement plus élevées que celle du référentiel, elle-même équivalente à celle du témoin sans engrais.

3.5.3. Nutrition en soufre et en sodium

Les résultats sont consignés dans le tableau 19.

Le tableau 19 : teneurs et indices de nutrition en soufre
et teneurs en sodium (% M.S.)

traitements	teneur S %	F(S) %	teneur en Na ₂ O %
T1	0,53	118,36	0,02
T2	0,52	113,84	0,05
T3	0,57	114,89	0,03
T4	0,67	116,29	0,04
T5	0,57	109,64	0,03
T6	0,54	109,00	0,02

La fonction de production en soufre est déterminée par la formule.

$$F(S) = 99,60 - 6,58/S + 11,3/P + 1,24F$$

S = teneur en soufre (%)

P = teneur en phosphore (%)

F = niveau de floraison

L'examen des fonctions de production en soufre montre pour tous les traitements une nutrition en cet élément exceptionnellement bonne dépassant 100%. Il n'y a donc aucun problème majeur à l'assimilation du soufre. Cependant l'excès de soufre aurait une conséquence sur l'acidification du milieu et sur la minéralisation de l'azote organique ce qui amplifierait son action sur l'acidité du sol.

Pour le sodium, on observe des résultats variables. L'engrais coton, la dolomie et dans une moindre mesure le burkina phosphate et la chaux agricole améliorent la teneur en sodium observée sur le témoin absolu sans engrais tandis qu'avec le fumier on note une faible teneur.

conclusion

Les analyses foliaires aboutissant à l'établissement de bilans minéraux et des indices de nutrition montrent que, la nutrition des cotonniers est satisfaisante pour l'azote, le phosphore, le soufre et le potassium mais déficiente en calcium et en magnésium. Cependant aucun symptôme n'a été visible sur le terrain. L'effet des fumures sur la nutrition s'est manifesté en améliorant l'alimentation en soufre, en potassium, en azote et en phosphore ce qui contraste avec les résultats des analyses de sol qui montrent des teneurs élevées en aluminium échangeable. L'alimentation en calcium et magnésium semble entravée par la bonne nutrition potassique observée dans tous les traitements. Ce résultat est conforme à l'existence d'antagonisme dans l'absorption des éléments évoquée par LOUE (1980), MARTIN-PREVEL et al. (1984) et SOLTNER (1989). Cependant, l'analyse végétale présente des insuffisances qui limitent son utilisation exclusive. En effet selon BRAUD (1981) le diagnostic foliaire intéressant une plante annuelle, établi a posteriori à un moment où il n'est plus possible d'intervenir sur la culture concernée. Aussi, utilisée en complément de l'analyse de sol elle est susceptible d'être un instrument précieux de la nutrition minérale des cotonniers.

CONCLUSION GENERALE

La première année de cette étude qui doit durer 3 ans au minimum, marquée par une mauvaise répartition des pluies a permis d'obtenir des résultats intéressants qui gagneront à être précisés par l'amélioration de cette étude.

Aussi, la caractérisation du système racinaire des cotonniers par le diagnostic racinaire au cours de cette étude a permis de mettre en évidence :

- un enracinement superficiel de façon générale imputable aux conditions du sol et à la pluviométrie de la campagne;
- un faible effet des amendements sur la croissance du système racinaire excepté le poids des racines qui subit de fortes variations. A ce niveau, l'association du fumier à l'engrais coton se traduit par une augmentation du poids des racines due à l'accroissement de leur grosseur et du nombre de ramifications tertiaires.

Sur le sol, la présente étude n'a pas permis d'établir une liaison entre les amendements apportés et l'évolution de l'acidité du sol, comme cela est généralement admis. L'effet de l'amendement n'est pas évident l'année de son application, il s'exprime à long terme. Aussi, se basant sur des études précédentes (HIEN, 1990; GUIRA, 1988; EGOUMENIDES et al., 1984, PIERI, 1989; HAILE et al.; 1984; INERA, 1994) on s'attend donc à une tendance au relèvement du pH et une diminution du taux d'aluminium échangeable sur les traitements amendés toutes choses qui améliorent le chimisme du sol. Des effets notables sur l'acidité du sol, de la chaux agricole et de la dolomie sont attendus en raison du rôle principal du calcium et du magnésium qu'ils renferment, sur l'activité de l'ion aluminium. Le fumier sera d'un grand intérêt pour nos sols dégradés ou en état de l'être à cause de son rôle notable dans le maintien du pH en culture continue. En ce qui concerne le burkina phosphate, la solubilisation du phosphore insoluble devrait se traduire à long terme par une meilleure

influence sur les teneurs en phosphore assimilable du sol et un maintien de la production à un bon niveau. Dans l'immédiat, l'apport du burkina phosphate permet de corriger les carences en phosphore de nos sols et améliore de ce fait leur potentiel de production

Au niveau de la nutrition minérale des cotonniers, en dépit des carences résiduelles en éléments minéraux du sol révélées par les analyses de sol, l'analyse foliaire indique une bonne nutrition phosphatée, soufrée, azotée et potassique mais par contre on observe une nette déficience en calcium et en magnésium. On n'a cependant pas noté de symptômes visuels sur les cotonniers. La satisfaction des besoins nutritifs du cotonnier est à l'origine des bons rendements enregistrés.

Sur les rendements, objectif principal de la culture de coton, l'association amendements et fumure minérale vulgarisée, montre des effets positifs à l'origine de l'augmentation significative de la production de coton graine par rapport à la fumure minérale vulgarisée. Ces augmentations qui varient de 8 à 25% témoignent de l'intérêt de ces associations en culture cotonnière. Il apparaît donc la nécessité d'associer les amendements à la fumure minérale vulgarisée en tant que facteur améliorant la productivité. La poursuite et l'amélioration de cette étude permettra de mieux situer les réponses et les effets à long terme de ces associations amendement et engrais coton qui nul doute permettra de mettre à la disposition des paysans des formules d'engrais non seulement rentables mais conservatrices de la fertilité des sols.

BIBLIOGRAPHIE

- AMADOU S.; BERTHELSEN M.; SOULEYMANE O., 1994. Analyse économique de la production de compost dans le Sud-Ouest du Burkina Faso. Recherche intégré en production agricole et en gestion des ressources naturelles. p. 30- 48.
- ARRIVETS J., 1971. Fertilisation des variétés locales de sorgho sur les sols ferrugineux tropicaux du plateaux mossi en Haute Volta. IRAT, 50 p.
- BRAUD M., 1974. Le contrôle de la nutrition minérale du cotonnier par analyses foliaire. Coton et Fibres Tropicales, Vol. XXIX, fasc. 2. p. 215-225.
- BRAUD M., 1981. Intérêt du cotonnier, support de tests biologiques pour contrôler l'évolution de la fertilité en sol. Coton et Fibres Tropicales, 36, p. 305-312.
- BRAUD M., 1987. La fertilisation d'un système de culture dans les zones cotonnières soudano-sahélienne. Coton et Fibres tropicales, Série et Document, Etudes et Synthèses, n°8. 35 p.
- BERGER M., 1969. Etude d'une légumineuse en rotation avec le cotonnier en culture irriguée sur sables roux du delta le Mongoby (Madagascar), pp. 32-42.
- BERGER M., 1996. L'amélioration de la fumure organique en Afrique soudano-sahélienne. Agriculture et Développement, numéro hors série. 8 fiches techniques.
- BERGER M., BELEM,P.C., DAKOUO D., et HIEN V., 1987. Le maintien de la fertilité des sols dans l'Ouest du Burkina Faso et la nécessité de l'association agriculture-élevage, Coton et Fibres Tropicales Vol. XLII fasc.3 pp. 201-210.
- BELEM P.C., 1985. Coton et système de production dans l'ouest du Burkina Faso. Thèse de 3è Cycle, Spécialité géographie de l'aménagement - Université PAUL Valery, Montpellier, 344 p.
- BENEDICT C.R., 1984. Cotton physiology In, KOHEL R.J. et LEWIS C.F.(Ed.), Cotton agronomy monograph 24: 6-24.

- BOUCHY C., 1970.** Contribution à l'étude des déficiences minérales des sols en culture cotonnière de Côte d'Ivoire. *Coton et Fibres Tropicales* vol. XXV, fasc. 2. pp. 235-251.
- BOURELY J., BRAUD M., 1989.** Le soufre et la qualité de la production cotonnière. *Coton et Fibres Tropicales*, Vol. XLIV, fasc. 2. pp. 141-148
- BOYER J., 1982.** Les sols ferrallitiques. Tome X: Facteurs de fertilité et utilisation des sols. Paris, ORSTOM, 384 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.
- CARMİ A.; SHALHEVET J., 1982.** Roots effects on cotton growth and yield. *Crop science*, vol. R3, 1983, p. 875-878.
- CHARLES G., 1968.** Le pH du sol et les bases d'utilisation des amendements calciques. *Bulletin technique d'information*, pp 553-558.
- CHOPART J.L., 1984.** Développement racinaire de quelques espèces annuelles cultivées en Afrique de l'Ouest et résistance à la sécheresse, colloque de Dakar, pp. 145-154.
- COGNEE M.,** Considérations sur l'abscission des organes fructifères du cotonnier. *Coton et Fibres Tropicales*, pp. 315-336.
- DAG M., 1968.** Principaux problèmes à étudier en matière d'exploitation des sols tropicaux, le colloque d'Abidjan: Les priorités de la recherche agricole dans le développement économique de l'Afrique. Tome II. pp. 1-17.
- DAKOUO D., 1990.** Statut potassique de 4 types de sol de la zone cotonnière du Burkina Faso et étude de leur comportement vis-à-vis de la fumure potassique. Mémoire de DEA d'écologie tropicale (option végétale) Université Nationale de Côte D'Ivoire, Abidjan, 72 p.
- DAKOUO D., 1991.** Le maintien de la fertilité dans les systèmes de culture conduits en motorisation intermédiaire. Cas de la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso. INERA/Programme coton-ESFIMA. 49 p. + Annexes.
- DAKOUO D.; KOULIBALY B.; HIEN V., 1993.** Agronomie et techniques culturales. Rapport de la campagne 1992-1993. 54 p.

- DAKOUO D., 1994. Les carences en potassium sur le cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) dans les systèmes de culture. Cas de la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso. Thèse de Doctorat-Ingénieur, 140 p. + annexes.
- DAKOUO D.; KOULIBALY B.; HIEN V., 1995. Agronomie et techniques culturales. Rapport de la campagne 1993-1994. 62 p.
- DAKOUO D.; KOULIBALY B.; HIEN V., 1996. Agronomie et techniques culturales. Rapport de la campagne 1995-1996. 87 p.
- DEAT M., 1975. Le redressement de la fertilité sur des terres à vocation cotonnière présentant des carences en éléments majeurs. Coton et Fibre tropicales. p. 245-262.
- DEAT M., DUBERNARD J., JOLY A., SEMENT G., 1976. Exportations minérales du cotonnier et de quelques cultures tropicales en zone de savane africaine. Coton et Fibres Tropicales, Vol. XXXI, fasc. 4. p. 409- 418.
- DEMBELE S., 1985. Influence du climat sur les caractéristiques de fibres et de graines du cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) au Mali. Thèse de Doctorat 3è cycle en science agronomique, option phytotechnie. 157 p. + Annexes.
- DEMOL J., VERSCHRAEGE L., 1985. Contribution à l'étude de l'influence de divers facteurs climatiques sur la production et la qualité des fibres chez *Gossypium hirsutum* L.- I. Humidité relative de l'air. Coton et Fibres Tropicales Vol. XL, fasc. 4. pp. 203-218.
- DEMOLON A., 1968. Croissance des végétaux cultivés. 6è édition, Paris, Dunod. 439 p.
- DUPRIEZ A., DE LEENER PH., 1986. Agriculture tropicale en milieu paysan africain. Ed. Terres et vie. 279 p.
- DUTHIL J., 1973. Eléments d'écologie et d'agronomie. Tome II: Exploitation et amélioration du milieu bases d'une nutrition efficace des végétaux. Ed. J.B BAILLIERE. 654 p.
- EDWARDS M., 1990. Le marché international du coton: évolution récente et quelques perspectives. Coton et Fibres Tropicales, vol. 45, fasc. 2.

- ESTUR G.; RAMOND G., 1988. Le coton dans le monde et en Afrique de l'Ouest et du Centre. Coton et Fibres Tropicales, vol. XLIII, fasc. 3. p. 205-219.
- EGOUMENIDES CH., OLIVIER R., 1984. Effet de l'azote et du fumier sur "terre de barre". 1°- Aspect : "Evolution du complexe absorbant en condition de culture intensive du maïs". CIRAD/ Mission connaissance et amélioration du milieu. pp. J1-J5.
- FAO, 1980. Les engrais et leurs applications. Précis à l'usage du vulgarisateur. 3è éd. Rome. 51p.
- GACHON L. et Al., 1975. La fertilisation raisonnée. Numéro hors série F. 35.
- GUIRA T., 1988. Intensification de la culture du sorgho en sol Ferrugineux. Etude des effets induits des techniques culturales sur la fertilité des sols. Mémoire de fin d'étude, IDR, Université de Ouagadougou. 96 p. + annexes.
- GROS A., 1967. Engrais, guide pratique de la fertilisation. 6è édition revue et complétée, Paris, La maison Rustique. 436 p.
- HAILE A., PIERI C. et EGOUMENIDES C., 1984. Effets des amendements minéraux sur les propriétés d'échanges de sols acides tropicaux. CIRAD/ Mission connaissance et amélioration du milieu. pp. 11-121.
- HAU B. & GOEBEL S., 1986. Modifications du comportement du cotonnier en fonction de l'environnement. 1. Evolution de l'architecture de neuf variétés semées à trois écartements. Coton et Fibres Tropicales, Vol. XLI, fasc. 3. p. 165-176.
- HAU B. & GOEBEL S., 1987. Modification du comportement du cotonnier en fonction de l'environnement. 2. Evolution des paramètres de productivité de neuf variétés semées à trois écartements. Coton et Fibres Tropicales, Vol. XLII, fasc. 2. pp. 117-125.
- HIEN V., 1990. Pratiques culturales et évolution de la teneur en azote organique utilisable par les cultures dans un sol ferrallitique du Burkina Faso. Thèse INPL, Nancy. 149 p.
- HOROWITZ H., 1962. Influences des conditions du milieu sur la formation et la chute des organes floraux chez le cotonnier. Coton et Fibres Tropicales,

1962.

- INERA, 1989. Fiche technique sur la culture cotonnière au Burkina Faso. Programme coton, 24 p.
- INERA, 1990. Rapport de synthèse de la commission du programme coton. 33p.
- IRCT, 1982. Expérimentation agronomique de la campagne 1981. Commission des plantes industrielles. 44 p.
- KOHEL R.J. et LEWIS C.F., 1984. Cotton Agronomy monograph, 24, Ed. Madison, 605 p.
- KOULIBALY B. 1992. Effet de la fertilisation sur l'enracinement et la nutrition minérale du cotonnier. Mémoire de fin d'études. IDR, Université de Ouagadougou, 113 p +annexes
- LEUWERS A., 1958. Pluviométrie et culture cotonnière au Nord Cameroun, Coton et Fibres Tropicales, vol. XIII. pp. 409-424.
- LOUE A., 1980. Interactions du potassium avec les autres éléments nutritifs. Séminaire d'Abidjan sur le potassium. pp. 117-132
- MARTIN PREVEL P., GAGNARD J. et GAUTIER P., 1984. L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales, 810 p.
- MARINI P., KAISER R., VILLEMEN P., 1978. Etude à l'aide de ^{32}P du développement racinaire sur 2 types de sol de la plaine de Mangoky. Coton et Fibres Tropicales, Vol. XXXIII, p. 291-306.
- MOULINIER H., MAZOYER R., 1968. Contribution à l'étude de l'action du chrome (Cr^{3+}) sur la croissance des végétaux. Annales Agronomiques INRA Vol. 19, n°5. pp. 553-567.
- NYANGEZI I., 1989. Etude du maintien de la fertilité en motorisation intermédiaire dans l'Ouest du Burkina Faso. Mémoire de fin d'études. IDR. Université de Ouagadougou, 89 p.
- OGUNLELA V.B. et ABED S.M., 1984. Fertilisation azotée du cotonnier Upland (*Gossypium hirsutum* L.) sur sol ferrugineux tropical: I. Rendement en graine, teneur en huile de la graine et production de

matière sèche. Coton et Fibres Tropicales, Vol. XXXIX, fasc. 3.
pp. 75-81.

PARRY G., 1982. Le cotonnier et ses produits. Paris, France, Edition
Maisonneuve et Larose. 502 p.

PIERI C., 1989. Fertilité des terres de savannes. Bilan de 30 ans de recherche
et de développement agricole au sud du sahara. CIRAD/ Ministère de la
coopération et du développement. 144 p.

PIERI C., 1973. Première mise au point sur le problème de l'acidification des
sols au Sénégal. Document IRAT. 30 p.

PICARD D., 1984. Etudes racinaires et résistance à la sécheresse. Colloque de
Dakar "résistance à la sécheresse en milieu intertropical: quelles
recherches pour les moyens termes". pp. 131- 143.

POULAIN J.F.; SEDOGO M.; MORANT P., 1980. La fertilisation potassique
des cultures vivrières et ses effets sur la fertilité de quelques types de sols
caractéristiques de Haute-Volta. Séminaire d'Abidjan sur le potassium.
pp. 175-208.

PREVOST PH., 1990. Les bases de l'agriculture moderne. 262 p.

REYNIERS F.N., 1984. Essai agronomique sur sol de cerrado brésilien, pour
l'étude de la relation entre production du riz pluvial profils racinaires et
caractéristiques chimiques du sol. CIRAD/Mission connaissance et
amélioration du milieu G1-G6 +annexes.

RICHARD L., 1974. La fertilisation potassique en relation avec les autres
facteurs de production. Coton et Fibres Tropicales, Vol. XXIX, fasc. 2.
pp. 183-198

RICHARD L., 1976. Diagnostic pétiole de la nutrition azotée du cotonnier.
Coton et Fibres Tropicales, Vol. XXXI, fasc. 4. pp. 429-437.

RICHARD L., BEKAYO N., 1980. Rapport agronomie générale, Station de
Bebedjia, IRCT. 38. p.

RICHARD L., DJOULET D., 1985. La fertilité des sols et son évolution. Zone
cotonnière du Tchad. Coton et Fibres Tropicales, Série Documents, Etudes
et Synthèses, n° 6. 21p.

ANNEXES 1

Tableau 1: Composition chimique moyenne du phosphate naturelle de Kodjari (burkina phosphate) (IFDC 1984)

HUMIDITÉ	0,89%
Analyse des matières sèches	Teneur en %
Anhydride phosphorique	25,38
Oxyde de fer (Fe_2O_3) soluble dans HCl	3,42
Aluminium (Al_2O_3) soluble dans HCl	3,08
Chaux (CaO)	34,45
Anhydride carbonique (CO_2)	1,00
Matière organique (C)	0,09
Fluor (F)	2,54
Oxyde de potassium (K_2O)	0,23
Matière silicieuse (SiO_2)	26,24
Oxyde de sodium (Na_2O)	0,11
Soufre total (S)	0,04

Tableau 2: Composition chimique moyenne de la dolomie de Tiara (BUMIGEB)

COMPOSANTES	TENEUR EN %
MgO	19
CaO	27
Al_2O_3	1
Fe_2O_3	1
SiO_2	17
Perte au feu	34

**Tableau 3: Composition du fumier de l'étable de Farako-bâ
(BUNASOLS)**

Composition	Teneur en % de matière sèche
Matière organique	29,09
Azote total	1,51
Carbone total	2,26
P2O5	0,75
K2O	2,37
CaO	2,82
MgO	0,48

ANNEXES 2

METHODES D'ANALYSE AU BUNASOLS

1- Analyses de sol

a) Granulométrie

La méthode internationale à la "Pipette ROBINSON" est utilisée pour la granulométrie 5 fractions. La matière organique est détruite à l'eau oxygénée (H₂O₂). L'argile est dispersée par un agent dispersant, l'hexamétaphosphate de sodium. On procède ensuite aux prélèvements pour isoler les éléments non tamisables (éléments < 50 µ) et à la séparation par tamisage des sables fins et grossiers (tamis de 50 µ et de 200 µ).

b) PH eau

La mesure du pH est faite par la méthode électrométrique au pH-mètre à électrode de verre. Les échantillons sont préparés dans le rapport sol/solution de 1/2,25; les solutions utilisées sont l'eau pour le pH eau. La terre est soumise à des opérations de remouillage avec l'eau pour essayer de rétablir la gamme probable de pH qu'elle avait à l'état naturel.

c) Azote total

La méthode de détermination utilisée est celle de KJELDAHL qui comporte deux phases :

- la minéralisation qui transforme toutes les formes d'azote du substrat (sol ou végétal) en azote ammoniacal sous l'action oxydative de l'acide sulfurique concentré à ébullition en présence d'un catalyseur (pastille mercurique ou K₂SO₄-HgO). On peut d'autre part, si leur quantité est importante, transformer les nitrates et les métrites en ammoniacque en ajoutant du fer réduit avant la minéralisation.

- le dosage: un aliquot de mineralisat, introduit dans un ballon de KJELDAHL en présence de NaOH 10N, est distillé permettant ainsi le déplacement de l'ammoniac qui est recueilli dans un becher contenant une solution d'acide borique H₃BO₃ 2% et un indicateur coloré. Le dosage est effectué par H₂SO₄ N/10.

d) Carbone

Le carbone organique est déterminé par la méthode WALKLEY-BLACK.

Le sol est soumis à une oxydation par une solution normale de bichromate de potassium en excès ($K_2Cr_2O_7$) en présence d'acide sulfurique. Le bichromate de potassium transforme le carbone du sol en gaz carbonique (CO_2). La quantité de bichromate de potassium réduite est proportionnelle à la teneur en carbone. L'excès de bichromate est ensuite titré par une solution de sel de MOHR [$Fe(SO_4)_2(NH_4)_2$] en présence de diphénylamine dont la couleur passe du bleu-foncé au bleu-vert. On obtient alors la quantité de bichromate réduite par différence entre le volume de sel de MOHR utilisé pour un échantillon blanc et celui de l'échantillon analysé.

L'oxydation du carbone n'étant pas complète, on corrige le résultat obtenu par le facteur 1,33.

Une condition à l'application de la méthode de WALKLEY-BLACK est que la prise d'essai doit avoir une teneur en carbone comprise entre 10 et 25 mg. La teneur en matière organique est calculée en multipliant la valeur du carbone obtenu par 1,724.

e) Bases totales

Le sol est détruit avec un mélange d'acide nitrique (HNO_3) et d'acide sulfurique (H_2SO_4) concentrés. L'extraction est faite avec une solution de nitrate de lanthane [$La(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$] à 2000 ppm. Le dosage est effectué par spectrophotométrie d'absorption atomique. Cette méthode est utilisée pour Ca et Mg. Un réglage conforme du spectrophotomètre par absorption atomique permet de révéler la concentration de l'élément présent dans la solution échantillon (Ca ou Mg) après l'étalonnage de la mesure de concentration par l'emploi de la gamme étalon de l'élément considéré.

Pour le potassium total, 2,5 g de sol séché à l'air et tamisé à 0,5 mm sont soumis à une minéralisation avec de l'acide sulfurique H_2SO_4 -Se et de l'acide salicylique $C_7H_6O_3$ en présence de peroxyde H_2O_2 , le sélénium étant utilisé comme catalyseur. Le potassium est déterminé ensuite au spectrophotomètre de flamme.

f) Bases échangeables

Les cations échangeables sont déplacés du complexe absorbant par une solution de thiouré d'argent [$Ag(H_2NCSNH_2)_2 \cdot 2H_2O$]. L'argent, en raison de son affinité pour les particules négatives, procure une saturation complète du sol et donc un déplacement de tous les cations échangeables, lesquelles sont déterminées par spectrophotométrie d'absorption atomique pour Ca^{++} et Mg^{++} et par photométrie de flamme pour Na^+ et K^+ .

- Capacité d'échange cationique (C.E.C)

Elle se mesure à partir de la solution d'extraction des bases échangeables. La teneur en ions Ag^+ dans cette solution est déterminée. On déduit la quantité d'argent retenue par le sol par comparaison de cette teneur à celle obtenue sur un échantillon "blanc" témoin. La CEC exprimée en milliequivalent pour 100g de sol (m.eq/100g) est calculée par addition des bases échangeables (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+) ainsi que l'hydrogène et l'aluminium échangeable lequel n'a pas été déterminé.

- Phosphore

L'extraction du phosphore total se fait par une attaque perchlorique à chaud de 1g de sol broyé. Le dosage est effectué par colorimétrie en présence de vanado-molybdate. La mesure de l'extinction est faite à 430 nm.

Le phosphore assimilable est déterminé par la méthode de BRAY n°2 utilisant le fluorure d'aluminium 0,03 N et l'acide chlorhydrique 0,025 N comme solution d'extraction. Le phosphore acido-soluble, une bonne partie du phosphore liée à l'aluminium et au fer, sont extraits par cette solution mixte.

Le dosage se fait par colorimétrie en utilisant l'acide ascorbique qui réduit le complexe phospho-molybdique formé par ajout de molybdate d'ammonium au bleu de molybdène.

2-Analyses de plante

a) Azote total

La détermination de cet élément est effectuée par la méthode micro-KJELDAHL qui est basée sur le même principe que la méthode KJELDAHL pour l'azote total du sol. La minéralisation est suivie du dosage effectué par H_2SO_4 0,01 N.

b) Phosphore total

L'échantillon de plante est attaqué à l'acide perchlorique en présence d'acide nitrique et d'acide sulfurique concentrés. Le dosage est effectué par colorimétrie par un réactif vanado-molybdique.

c) Détermination de Ca, Mg, Na, K et S

L'échantillon de plante broyé est minéralisé par attaque de nitro-perchlorique en présence d'acide hydrochlorique ($HClO_4$) concentré. La solution obtenue sera retenue pour le dosage des différents éléments. Le temps de minéralisation est plus long pour le dosage du soufre effectué par néphélométrie.

Pour Ca et Mg, le dosage est effectué par électrophotométrie par absorption atomique tandis que Na et K sont dosés par photométrie de flamme.

- SCHWARTZ A., 1994. L'adhésion des paysans à la culture du coton au Burkina Faso. Des comportements contrastés. 20 p. + annexes.**
- SEMENT G., 1980. Etude des effets secondaires de la fertilisation minérale sur le sol dans les systèmes culturaux à base de coton en Côte D'Ivoire - 1ers résultats en matière de correction. Coton et fibres tropicales vol. xxxv, fasc. 2, P. 229-248**
- SOFITEX, 1995. Première édition des journées coton. Thème : politique et stratégie de relance de la production cotonnière au Burkina Faso, 1995.**
- SOFITEX, 1996. Rapport technique sur la campagne agricole cotonnière 1996/1997. 34 p. + annexes.**
- SOLTNER D., 1987. Les bases de la production végétale. Tome II. Le climat 4ème édition. Collection science et technique agricole. 314 p.**
- SOLTNER D., 1989. Les bases de la production végétale. Tome I. Le sol 17ème édition. Collection science et technique agricole. 468 p.**
- TRUONG B., 1984. Rôle du calcium provenant des phosphates naturels. CIRAD/ Mission connaissance et amélioration du milieu. pp. L1-L7.**
- VAN REULER H. et PRINS W.H., 1993. Rôle de la fertilisation pour assurer une production durable des cultures vivrières en Afrique Sub-saharienne. 259 p.**
- VILAIN M., 1989. La production végétale. Agriculture d'aujourd'hui, Vol. 2, La maîtrise de la production. Technique et Documentation-Lavoisier. 361 p.**
- ZOUGMORE R.; THIOMBIANO L.; KAMBOU N.F., 1994. Etude du ruissellement, de la dégradation (désertification) et des techniques de récupération des milieux dégradés. Commission du programme ESFIMA. 79 p.**