

**BURKINA FASO**

Unité-Progrès-Justice

**MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS  
SECONDAIRE, SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

-----  
**UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE  
BOBO DIOULASSO**

-----  
**INSTITUT DU DEVELOPPEMENT  
RURAL**  
-----

**MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS  
SECONDAIRE, SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

-----  
**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE**

-----  
**INSTITUT DE L'ENVIRONNEMENT ET  
DES RECHERCHES AGRICOLES**  
-----

## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

Présenté en vue de l'obtention du  
**DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL**

**OPTION : EAUX et FORETS**

### **THEME :**

**EVOLUTION DES RESSOURCES NATURELLES DANS LES SYSTEMES  
DE CULTURE A BASE DE COTON : CAS DU TERROIR DE BALA**

**(OUEST BURKINA FASO)**

**Directeurs de Mémoire**

**Dr. SOME N. Antoine**

**Maître de stage**

**Dr. TRAORE Ouola**

**Octobre 2000**

**SOMDA Koumbèyao**

## DEDICACES

*A MON GRAND PERE, NANTEWRÉ SOME*

*A MON PERE, DERBILE PODA ;*

*A MA MERE, MWIANNA SOMDA ;*

*A MA GRANDE MERE, LAOWN SOMDA ;*

*A MES FRERES : YELYAGA, MANIBOUOR, MABORKUM ;*

*A MON COUSIN, PODA WINYERMAI*

*A L'ONCLE, BERNARD*

## REMERCIEMENTS

Ce Mémoire a été réalisé dans le cadre de la collaboration entre le programme Gestion des Ressources Naturelles et Systèmes de Production (GRN/SP) et le Programme Coton, tous deux du CRREA Ouest. Le stage qui s'achève sur la finalisation du présent Mémoire a connu un début particulièrement difficile au cours duquel, de nombreuses sensibilités se sont distinguées par des engagements solidaires de natures diverses sans lesquels, notre fin de cycle pourrait connaître un sort tout à fait autre.

Les travaux de récolte des données ont été effectués au sein du groupe de travail du Programme GRN/SP qui a eu la lourde tâche de notre encadrement scientifique.

Aussi, voudrions-nous par la présente, témoigner de notre vive reconnaissance émotionnelle à toutes ces personnes que nous invitons au niveau individuel et/ou collective à reconnaître ce dénouement heureux, le fruit de leurs efforts poussés à termes. Tous nos remerciements donc à :

**Monsieur S. TRAORE, Délégué Régional du CRREA Ouest**, pour nous avoir accepté en stage au sein de son institution, pour son engagement par la demande de prolongation de notre période de stage auprès des autorités de l'UPB et pour les intérêts qu'il attache au sujet qui fait l'objet de nos travaux.

**Monsieur V. BADO, chef du Programme GRN/SP** pour nous avoir acceptés comme stagiaire au sein de son Programme, sa disponibilité, pour nous avoir accordé l'autorisation d'exploiter les rendements recueillis sur l'essai de longue durée, sa sensibilité et pour son engagement à la résolution des difficultés rencontrées au cours de ce stage.

A l'ensemble du personnel du GRNS/SP, au groupe de travail en particulier : Messieurs **O. TRAORE, S. OUEDRAOGO, P. NIKEMA, K. TRAORE, T. KABARA, O. DJIGUIEMDE, L. SAWADOGO, S.PARE, TRAORE O., T.OUATTARA** pour l'ambiance du travail sur le terrain, leur assistance technique leur rigueur scientifique dans la récolte des données, pour leurs conseils et pour leur sympathie qui a facilité notre intégration dans ce groupe.

Monsieur le **Chef de la Cellule SIG** et à travers lui, messieurs **S. PARE, A. COMPAORE** pour leur appui aux travaux de cartographie.

Monsieur **D. TRAORE**, chef du Programme Coton pour nous avoir acceptés comme stagiaire, pour le financement de nos travaux, pour sa disponibilité, son engagement dans la résolution des difficultés rencontrées, pour tous les intérêts qu'il attache à nos travaux. Que tout le personnel du Programme Coton trouve à travers le chef du dit Programme, nos remerciements sincères pour leur sympathie et leurs conseils.

Nous remercions à travers le chef du programme Coton, le **Directeur Général de la SOFITEX** qui a manifesté son intérêt en acceptant le financement de nos travaux par le biais du dit Programme.

Monsieur **O. TRAORE** notre Maître de stage, pour son assistance technique, sa présence effective auprès de nous à tous les niveaux de déroulement de notre stage, pour sa rigueur dans les corrections du document, ses conseils, sa disponibilité nuits et jours, pour tout son engagement sans réserve. Tout au long de ce stage qui s'achève, il a su faire valoir de grandes valeurs humaines au-delà du simple cadre de stage.

Messieurs **A. N. SOME** et **J. B. ILBOUDO** pour avoir accepté d'être nos Directeurs de Mémoire, pour le suivi, leurs conseils pour leur engagement auprès des autorités administratives de l'IDR, pour leur appui à la demande de prolongation de notre période de stage, pour l'intérêt qu'ils ont accordé à notre avenir.

Monsieur **HEMA O.** qui a eu le plaisir de nous traduire le résumé en anglais.

Monsieur le **Directeur de l'IDR**, Monsieur le **Directeur aux Etudes de l'IDR** qui ont accepté nous accorder une prolongation de notre période de stage.

A l'ensemble des **enseignants de l'IDR**, pour notre formation, pour leur sensibilité.

L'oncle **SOME B. BERNARD** pour la confiance qu'il nous a toujours accordée et pour ses encouragements sans cesse renouvelés.

Monsieur **W. C. PODA**, pour ses encouragements, ses conseils, sa disponibilité. Il nous a toujours servi d'exemple, de guide, en particulier sur le plan des études.

A nos **parents** qui ont supporté et encouragé notre carrière depuis déjà 20 ans.

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Evolution des superficies et rendements cotonniers au Burkina Faso.....	6
Figure 2 : Evolution du nombre de charrues dans la région Ouest du Burkina Faso.....	8
Figure 3 : Relation entre nombre de charrues et évolution des superficies cotonnières.....	8
Figure 4 : Répartition de la consommation des engrais minéraux.....	9
Figure 5 : Evolution des rendements grains de sorgho en culture continue.....	40
Figure 6: Evolution des rendements grains de sorgho en rotation avec le cotonnier et l'arachide.....	41
Figure 7 : Evolution des rendements de coton grain en culture continue.....	42
Figure 8 : Evolution des rendements de coton graine en rotation avec le sorgho et l'arachide.....	43
Figure 9 : Effet des fumures sur les rendements grains de sorgho.....	45
Figure 10 : Effets des fumures sur les rendements de coton graine.....	46
Figure 11: Distribution des essences en classes de circonférence.....	60
Figure 12 : Distribution des essences en classes de hauteur.....	61
Figure 13 : Evolution de la densité moyenne des essences.....	62
Figure 14 : Evolution du taux de recouvrement végétal.....	63
Figure 15 : Evolution du pH des sols ( horizon 0-20 cm).....	68
Figure 16 : Evolution du pH des sols ( Horizon 20-40 cm.).....	69
Figure 17 : Evolution du taux de matière organique des sols ( horizons 0-20 cm).....	70
Figure 18 : Evolution du taux de matière organique des sols (horizon 20-40 cm).....	71
Figure 19 : Evolution de la teneur des sols en azote total.....	74
Figure 20 : Evolution de la teneur des sols en phosphore total.....	75
Figure 21 : Evolution de la teneur des sols en potassium total.....	76
Figure 22 : Evolution de la composition granulométrique des sols.....	82

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Quelques variétés de coton cultivées au Burkina Faso .....	7
Tableau 2 : Evolution de la formule de l'engrais coton .....	9
Tableau 3 : Utilisation des herbicides.....	11
Tableau 4 : Prix des céréales (en FCFA /kg) .....	28
Tableau 5 : Description des traitements principaux .....	30
Tableau 6 : Doses de fumure apportées suivant la culture .....	30
Tableau 7 : Nombre d'exploitations retenues en fonction du niveau d'équipement.....	33
Tableau 8: Distribution des placeaux selon le niveau d'équipement et la durée de mise en culture .....	36
Tableau 9: Rendements grains du sorgho en culture continue (kg/ha).....	40
Tableau 10: Rendements grains du sorgho dans la rotation (kg/ha) .....	41
Tableau 11: Rendements de coton graine en culture continue (kg/ha).....	42
Tableau 12: Rendements du coton en rotation (kg/ha).....	43
Tableau 13 : Superficies, taux d'occupation et taux d'accroissement des unités cartographiées .....	54
Tableau 14: Répartition des espèces par type de formation .....	59
Tableau 15: Caractéristiques physiques des sols étudiés.....	83
Tableau 16 : Estimation de la quantité de sol drainé.....	84

## LISTE DES PHOTOS

Photo n°1 : Aperçu des tiges de cotonnier après la récolte.....	17
Photo n°2: Gestion des résidus de récolte. Tiges de cotonnier séchées entassées pour être brûlées. ....	17
Photo n°3 : Fertilisation des champs de brousse avec le fumier de parc.....	18
Photo n°4 : Pratique de la fertilisation par le système de parcage dans les champs de brousse. ....	18
Photo n° 5 : Labour des sols avant les semis. ....	19
Photo n° 6 : Aperçu de la dynamique végétative autour d'un cordon de troncs d'arbres.....	20
Photo n°7 : Aperçu d'une bande enherbée à <i>Andropogon gayanus</i> durant la saison sèche. ....	20
Photo n°8 : Aperçu d'un brise vent à <i>Eucalyptus camaldulensis</i> .....	21
Photo n°9 : Aperçu de haie vive à <i>Bauhinia rufescens</i> en cours d'implantation. ....	21
Photo n° 10 : Aperçu de haie vive à <i>Bauhinia rufescens</i> bien implanté et en pleine végétation.....	22
Photo n° 11 : Aperçu de haie vive à <i>Jatropha curcas</i> bien implantée et en pleine végétation. ....	22

## LISTE DES CARTES

Carte n°1 : Distribution spatiale des parcelles suivant la durée de mise en culture.....	34
Carte n° 2 : Etat de l'occupation du terroir en 1952.....	51
Carte n °3 : Etat de l'occupation du terroir en 1981.....	52
Carte n° 4 : Etat de l'occupation du terroir en 1999.....	53
Carte n° 5 : Carte du pH des sols.....	72
Carte n° 6 : Carte de distribution des teneurs en la matière organique .....	73

## RESUME

La culture cotonnière est indexée à tort ou à raison comme une cause majeure de la détérioration des ressources naturelles. C'est dans ce contexte que les recherches autour du thème "*Evolution des ressources naturelles dans les systèmes de culture à base de coton*" ont été réalisées afin d'apporter des éléments de réponse aux nombreuses questions.

L'étude de l'évolution des rendements révèle que la rotation culturale, la fertilisation organique et les amendements calco-magnésiens sont des pratiques essentielles au maintien de la fertilité des sols sous culture.

L'approche cartographique a permis de mettre en évidence une évolution régressive des formations végétales sous l'emprise agricole, en particulier à partir de 1981. L'inventaire de la végétation ligneuse a montré que les exploitations les plus équipées sont caractérisées par une grande pauvreté floristique et une plus faible densité arborée. La durée de mise en culture constitue également un facteur important de régression de la densité arborée des champs.

L'évaluation du niveau de fertilité des sols montre que le taux de matière organique dépend du niveau d'équipement agricole et de la durée de mise en culture des terres. Le pH et la teneur des sols en N, P, et K total sont fortement influencés par ces même paramètres.

### **Mots clés / groupe de mots clés :**

Ressource naturelle, coton, niveau d'équipement, durée de mise en culture, dégradation.

## SOMMAIRE

### RESUME

### SUMMARY

INTRODUCTION GENERALE.....	1
PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
CHAPITRE 1 :LA CULTURE DU COTONNIER AU BURKINA FASO.....	3
I- INTEGRATION DE LA CULTURE COTONNIERE DANS LE SYSTEME TRADITIONNEL DE PRODUCTION.....	3
<b>1- Présentation du cotonnier.....</b>	<b>3</b>
<b>2- Historique : Introduction et évolution de la culture cotonnière.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1- La culture du coton à l'époque précoloniale.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2- La culture du coton à l'époque coloniale.....</b>	<b>4</b>
<b>2.3- La culture cotonnière à l'époque contemporaine.....</b>	<b>5</b>

II- INFLUENCE DE LA CULTURE DU COTON SUR LE SYSTEME DE PRODUCTION .....	7
1- Equipement agricole .....	7
2- Pratique de la fertilisation .....	8
3- Assolements et rotations .....	10
4- Autres pratiques culturales .....	11
4.1- Le désherbage chimique.....	11
4.2- Les traitements phytosanitaires.....	11
5- Impact socio-économique de la culture cotonnière .....	11
III- LES FACTEURS DE DEGRADATION DU POTENTIEL DE PRODUCTION DANS LES SYSTEMES DE CULTURE A BASE DE COTON .....	12
1- L'influence des pratiques culturales .....	12
1.1- La mise en culture.....	12
1.2- Le déssouchage.....	12
1.3-Travail du sol : le labour .....	13
1.4 Les exportations sans restitutions.....	14
2- Incidences des engrais minéraux et herbicides .....	14
IV- QUELQUES STRATEGIES DE LUTTE CONTRE LA DEGRADATION DES AGROECOSYSTEMES.....	15
1- Les méthodes agronomiques .....	15
2- Les méthodes agroforestières.....	15
CONCLUSION .....	23

CHAPITRE 2 : PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE .....	24
I- LE MILIEU PHYSIQUE.....	24
1- Localisation.....	24
2- Climat.....	24
3- Les sols .....	24
4- Relief et paysage.....	25
5- La Végétation .....	26
6- La faune .....	26
II- LE MILIEU HUMAIN .....	27
1- Peuplement et composition ethnique .....	27
2- Les activités socio-économiques.....	27
2.1- <i>La production agricole</i> .....	27
2.2- <i>La pêche et le tourisme</i> .....	28
2.3- <i>L'exploitation forestière</i> .....	28
CONCLUSION.....	28

<b>DEUXIEME PARTIE: ETUDE DE L'EVOLUTION DES RESSOURCES NATURELLES.....</b>	<b>29</b>
<b>CHAPITRE1 : MATERIELS ET METHODES .....</b>	<b>29</b>
<b>I- LE DISPOSITIF EXPERIMENTAL DE LONGUE DUREE.....</b>	<b>29</b>
<b>1- Les fertilisants.....</b>	<b>29</b>
<b>2- Les traitements appliqués .....</b>	<b>30</b>
<b>3- Epandage des fumures et entretien .....</b>	<b>30</b>
<b>4- Paramètres mesurés .....</b>	<b>31</b>
<b>II- L'APPROCHE METHODOLOGIQUE EN MILIEU RURAL.....</b>	<b>31</b>
<b>1- Approche cartographique de l'occupation des terres.....</b>	<b>31</b>
<b>2- Méthodologie générale .....</b>	<b>31</b>
<b>2.1- Choix des périodes .....</b>	<b>31</b>
<b>2.2- La reconnaissance terrain .....</b>	<b>31</b>
<b>2.3- La photo-interprétation .....</b>	<b>32</b>
<b>2.4- Le choix des unités d'occupation du terroir .....</b>	<b>32</b>
<b>2.5- Numérisation et habillage des cartes.....</b>	<b>32</b>
<b>2. 6- Vérification et finalisation des cartes.....</b>	<b>32</b>
<b>2.7- Caractérisation des changements intervenus .....</b>	<b>32</b>

III- LA COLLECTE DES DONNEES SUR LES EXPLOITATIONS .....	33
A- METHODES .....	33
1- Choix de l'échantillon d'exploitations.....	33
2- Enquêtes sur les pratiques culturelles .....	35
3- Inventaires floristiques de la végétation ligneuse.....	35
3.1- <i>Choix de la parcelle de référence</i> .....	35
3.2- <i>Dispositif d'échantillonnage de l'inventaire floristique</i> .....	35
3.2.1- La forme des placeaux .....	36
3.2.2- Taille et installation de placeau .....	36
4- Prélèvements de sols.....	36
B- PARAMETRES MESURES .....	37
1- Inventaires floristiques .....	37
1.1- <i>Circonférences du tronc</i> .....	37
1.2- <i>Hauteurs des essences</i> .....	37
1.3- <i>Diamètres des houppiers</i> .....	37
2- Etude de la fertilité des sols .....	38
2.1- <i>Les analyses de sols</i> .....	38
2.2- <i>Mesure de pH eau</i> .....	38
2.3- <i>Carbone et matière organique</i> .....	38
2.4- <i>L'azote total</i> .....	39
2.5- <i>Le phosphore total</i> .....	39
2.6- <i>Le potassium total</i> .....	39
2.7- <i>La granulométrie</i> .....	39

CHAPITRE 2 : RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	40
I- RESULTATS SUR L'ESSAI DE LONGUE DUREE .....	40
1- Influence des pratiques culturales sur les rendements des cultures .....	40
1.1- <i>Influence de la rotation sur l'évolution des rendements grains du sorgho</i> .....	40
1.2- <i>Influence de la rotation sur l'évolution des rendements en coton graine</i> .....	42
Discussions.....	44
2- Influence des fumures sur les rendements des cultures .....	45
2.1- <i>Effets des fumures sur les rendements grains de sorgho</i> .....	45
2.2- <i>Effets des fumures sur les rendements en coton graine</i> .....	46
Discussions.....	47
CONCLUSION.....	49
II- ANALYSES DES DONNEES CARTOGRAPHIQUES.....	49
1- Caractérisation des changements intervenus .....	54
1.1- <i>Etat de l'occupation du terroir en 1952</i> .....	54
1.2- <i>Evolution de l'occupation du terroir entre 1952 et 1999</i> .....	53
Discussions.....	56
CONCLUSION.....	57
III- ETUDE DE LA VEGETATION LIGNEUSE .....	58
1- La composition floristique.....	58
2- Structure de la végétation ligneuse.....	60
2.1- <i>Les classes de circonférence</i> .....	60

<b>2.2- Les classes de Hauteur.....</b>	<b>61</b>
<b>2.3- La densité arborée .....</b>	<b>62</b>
<b>2.4- Le taux de recouvrement végétal .....</b>	<b>64</b>
<b>Discussions .....</b>	<b>64</b>
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>67</b>
<b>IV- EVALUATION DE LA FERTILITE DES SOLS.....</b>	<b>67</b>
<b>1- Fertilité chimique .....</b>	<b>68</b>
<b>1.1- Le pH.....</b>	<b>68</b>
<b>1.2- Le taux de matière organique.....</b>	<b>70</b>
<b>1.3- Evolution de l'azote total (Ntotal) .....</b>	<b>74</b>
<b>1.4- Evolution du phosphore total ( Ptotal) .....</b>	<b>75</b>
<b>1.5- Evolution du potassium total (Ktotal).....</b>	<b>76</b>
<b>Discussions .....</b>	<b>77</b>
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>81</b>
<b>2-Fertilité physique .....</b>	<b>82</b>
<b>2.1- Composition granulométrique.....</b>	<b>82</b>
<b>2.2-Indice de stabilité .....</b>	<b>83</b>
<b>2-3-Indice de dégradation spécifique.....</b>	<b>83</b>
<b>Discussions .....</b>	<b>84</b>
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>85</b>
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>86</b>
<b>PERSPECTIVES .....</b>	<b>86</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>87</b>

## INTRODUCTION GENERALE

Le Burkina Faso est un pays enclavé dans la zone aride de l'Afrique de l'Ouest. Son économie est essentiellement basée sur le secteur agricole qui occupe 80% de la population et contribue à plus de 31% à la formation du produit intérieur brut. Les produits d'exportation proviennent à plus de 90% du secteur agricole. La superficie totale couverte par l'ensemble des cultures est estimée à 3000000 ha. Les céréales constituent la culture de base avec une production annuelle d'environ 2000000 tonnes (THIOMBIANO, 1999).

La culture cotonnière a connu un développement plus récent (BELEM, 1989). Sa production est passée de 136 tonnes en 1952 (SCHWARTZ, 1993) à 338141 tonnes en 1998 (SOFITEX, 1999). Le coton représente la première source d'entrée de devises étrangères. Il représente plus de 75% des produits agricoles exportés. En zone cotonnière, le revenu moyen par habitant avoisine 85 000Fcfa/an contre 56000 Fcfa/an en zone non cotonnière (PAN/LCD, 1999).

Cet essor de la culture cotonnière commence à susciter des interrogations sur la relation pouvant exister entre la culture du coton et la déforestation. Unique support de l'activité agricole, le sol est sous l'emprise d'importantes modifications. Ces modifications affectent entre autre le couvert végétal et la productivité des sols. La détérioration de la productivité potentielle des sols est vraisemblablement liée à une exploitation des ressources naturelles de plus en plus inadaptée aux conditions d'équilibre des agroécosystèmes actuels.

Les feux de brousse, la divagation des animaux et la coupe abusive du bois constituaient les principaux facteurs de détérioration des ressources forestières. De nos jours, la culture cotonnière est de plus en plus indexée, à tort ou à raison, comme étant la première cause de ce fléau. L'augmentation quasi exponentielle des superficies cotonnières au détriment des jachères de régénération paraît être un indice révélateur de ce phénomène.

La culture cotonnière a fait l'objet de nombreuses études agroéconomiques (LAGIERE, 1966 ; GUILLEMIN, 1976 ; PARRY, 1982 ; BELEM, 1985 ; DAKOUO, 1991 et 1994 ; SCHWARTZ, 1991 et 1993 ). Cependant, la recherche semble jusque là occulter l'incidence des systèmes de culture à base de coton sur l'évolution des ressources naturelles. Des interrogations somme toute légitimes naissent chez le producteur de coton, chez l'homme de science, chez le décideur (gouvernement). La science se trouvant en première ligne, est soumise à une demande sociale de plus en plus exigeante. Il lui était difficile de ne pas s'engager dans ce débat sous risque d'être accusée d'incompétence, au pire de désertion. Aussi, les recherches autour du thème "**Evolution des ressources naturelles dans les systèmes de culture à base de coton**" initiées par l'INERA et

soutenues par la SOFITEX visent à apporter des éléments de réponse aux délicates interrogations sur les relations existant entre le développement de la culture de coton à grande échelle et l'évolution du couvert végétal et du capital sol.

Cette étude est menée dans la région Ouest du Burkina, foyer de profondes mutations agricoles et démographiques. Connue pour sa longue tradition de culture cotonnière, le village de Bala a été retenu pour la conduite de nos travaux.

Après une première partie consacrée à la synthèse bibliographique sur la culture cotonnière au Burkina Faso et aux caractéristiques physiques et humaines du terroir d'étude, la seconde partie est consacrée à l'approche méthodologique adoptée pour évaluer l'influence de la culture cotonnière sur l'évolution des ressources naturelles et aux résultats et discussions. La conclusion générale sera consacrée à la synthèse des principaux acquis et présente des suggestions en termes de perspectives.

# PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

## CHAPITRE 1: LA CULTURE DU COTONNIER AU BURKINA FASO

### I- INTEGRATION DE LA CULTURE COTONNIERE DANS LE SYSTEME TRADITIONNEL DE PRODUCTION

#### 1- Présentation du cotonnier

Le cotonnier est une plante dicotylédone dialypétale appartenant à l'ordre des *Malvales*, à la famille des *Malvaceae*, et au genre *Gossypium L.* (GUILLEMIN, 1976 ; PARRY, 1982 ; DAKOUO, 1994). C'est une plante vivace mais exploitée en culture annuelle pour éviter une forte prolifération des parasites mais aussi à cause des contingences climatiques.

La graine du cotonnier est caractérisée par la présence de fibres cellulosiques utilisées par l'industrie textile. Le cotonnier est cultivé surtout pour cette fibre cellullosique (BELEM, 1985). Avec 45 000 stomates /mm<sup>2</sup> (DAKOUO, 1994), la feuille du cotonnier a une évapotranspiration considérable et reflète assez bien l'équilibre hydrique de la plante. Son système racinaire est de type pivotant. La racine principale peut atteindre 1,2 à 3 m de profondeur dans des conditions édaphiques favorables (PARRY, 1982 ; DAKOUO, 1994). Toute restriction du développement optimal des racines entraînerait un nanisme de la plante et une réduction de sa productivité (DAKOUO, 1994).

#### 2- Historique : Introduction et évolution de la culture cotonnière

SCHWARTZ (1993) distingue trois grandes époques dans l'évolution de la culture cotonnière au Burkina Faso : l'époque précoloniale, l'époque coloniale et l'époque contemporaine.

##### 2.1- La culture du coton à l'époque précoloniale

L'époque précoloniale s'étend des temps antérieurs jusqu'en 1895 (SCHWARTZ, 1993). De nombreux auteurs (GUILLEMIN, 1976 ; PARRY, 1982 ; BELEM, 1985 ; SCHWARTZ, 1993 ; DAKOUO, 1994), affirment que quatre espèces de cotonnier étaient cultivées au Burkina Faso à l'époque précoloniale. Il s'agit de *Gossypium arboreum*, *Gossypium hirsutum*, *Gossypium punctatum* et de *Gossypium barbadense*. Toujours associés aux céréales, ces cotonniers se cultivaient de préférence à l'abri des arbres épargnés dans les champs de village et/ou de brousse (BELEM, 1985 ; SCHWARTZ, 1993). La culture du coton n'était encore qu'une activité secondaire

et ne demandait que très peu de travail supplémentaire aux paysans (PARRY, 1982 ; BELEM, 1985 ; SCHWATZ, 1991, 1993).

## **2.2- La culture du coton à l'époque coloniale**

Quatre grandes périodes ont marqué la culture du coton à l'époque coloniale (SCHWARTZ, 1993) : De 1895 à 1914, le colonisateur était plus préoccupé par la conquête et l'organisation territoriale des colonies. Pour cette raison, le coton se cultivait encore suivant les méthodes ancestrales. La création de l'Association Cotonnière Coloniale (ACC.) le 14 janvier 1903 (BELEM, 1985) a été un tournant historique et décisif pour l'introduction de la culture pure du coton au sein du système ancestral de production. En 1914 cependant, les activités de propagation de la culture cotonnière par l'ACC ont été interrompues par le déclenchement de la première guerre mondiale (SCHWARTZ, 1993).

La culture du coton ne s'est réellement intégrée dans les habitudes des paysans qu'au cours de la période 1919-1932. La création de la colonie de la Haute-Volta Faso en 1919 marque le retour de la culture du coton à grande échelle (SCHWARTZ, 1993). En 1921, une loi portant organisation et mise en valeur des colonies françaises en Afrique avait permis la mise en place d'un programme d'action économique entièrement basé sur la culture du coton pour le Burkina Faso (BELEM, 1985). Le 18 avril 1926, un arrêté promulguait l'organisation des études agronomiques sur la culture du coton. La mise en œuvre de cet arrêté a abouti à la création des Fermes-Ecoles de Saria, Banakélédaga et de Poundou (BELEM, 1985 ; SCHWARTZ, 1993 ). Ces Ecoles servaient de centres d'apprentissage de la culture attelée aux "indigènes". L'institution de la culture du coton par des méthodes coercitives de champs collectifs et des impôts de capitation de 1924 à 1926 avait pour objectif de produire une quantité importante de coton exclusivement destinée à la métropole (BELEM, 1985 ; SCHWARTZ, 1993 ; GUIRE, 1997). Indignée par une forte réticence de la population locale, l'administration française avait estimé que la colonie était économiquement non rentable et n'avait donc plus de raison d'exister sur le plan administratif, d'où son démembrement le 5 septembre 1932 (SCHWARTZ, 1993).

L'ACC a été transformée en Union Cotonnière de l'Empire française (U.C.E.F.) en 1941 (SCHWARTZ, 1993). En 1946, l'UCEF décide de limiter ses interventions aux seuls aspects scientifiques de la culture du coton, modifie son statut organique et devient l'Institut de Recherche du Coton et des Fibres Textiles Exotiques (I.R.C.T.).

Reconstituée le 4 septembre 1947, la nouvelle colonie de la Haute-Volta fonde son économie sur le développement d'une filière coton dont la direction scientifique et technique était à la charge de la

Compagnie Française de Développement de Fibres Textiles (C.F.D.T.) (GUILLEMIN, 1976 ; PARRY, 1982 ; BELEM, 1985).

Sur le plan technique, une étude du sol a permis à la CFDT de définir une zone cotonnière constituée des secteurs de Bobo-dioulasso, de Dédougou-Tougan, du centre et de l'Est. Par ailleurs, le centre de Sakabi procédait à la formation de moniteurs cotonniers pour servir de conseillers agricoles auprès des producteurs (BELEM, 1985). Sur le plan social et technique, la période de 1947 à 1960 a été marquée par un dynamisme authentique de la culture cotonnière basé sur la libre adhésion des paysans à la culture de "l'Or Blanc". Mais le contexte socio-politique à la veille de l'indépendance du pays n'a pas été favorable au développement d'une véritable filière coton.

### **2.3- La culture cotonnière à l'époque contemporaine**

Contestée à la veille de l'indépendance, la culture cotonnière est apparue comme l'une des voies sûres de la relance de l'économie du Burkina Faso (ex. Haute-volta). Elle a bénéficié d'une attention particulière des autorités politiques qui ont favorisé son industrialisation progressive au cours des décennies. Pour BELEM (1985), la création des Organismes Régionaux de Développement (O.R.D.) traduit la volonté politique des nouvelles autorités à appuyer le secteur agricole et la culture cotonnière en particulier. La décennie 1960 à 1970 a été marquée par une progression spectaculaire des superficies cotonnières, une forte régression de la culture du coton en association avec les cultures vivrières, une évolution des techniques culturales, une forte consommation des intrants agricoles.

Une forte consommation des intrants agricoles subventionnés par l'Etat depuis 1974 a entraîné une augmentation des rendements qui sont passés de 400kg /ha en 1973 à plus de 800kg /ha en 1979 (SCHWARTZ, 1993). Suite à la sécheresse des années 1970, les conditions écologiques se sont détériorées au centre et à l'Est du pays de telle sorte que des régions traditionnellement productrices de coton telles que Kaya, Kougoussi, Yako ont été contraintes à abandonner la culture du coton (BELEM, 1985). Cantonnée alors dans la zone Ouest, et supportée par de nombreuses structures et projets de développement, la culture de "l'Or Blanc" a pris un élan de véritable culture industrielle, caractérisée par une augmentation quasi exponentielle des superficies emblavées. Créée en 1970 pour la gestion économique de la production cotonnière, l'Association en (participation) Haute-Volta-CFDT a été remplacée en 1979 par la Société Burkinabé de Fibres Textiles (SO.FI.TEX.).

La décennie 1980 peuvent être considérées comme étant les années de véritable explosion de la culture cotonnière au Burkina Faso (SCHWARTZ, 1991). La Figure 1 montre l'évolution des superficies et des rendements de coton graine.

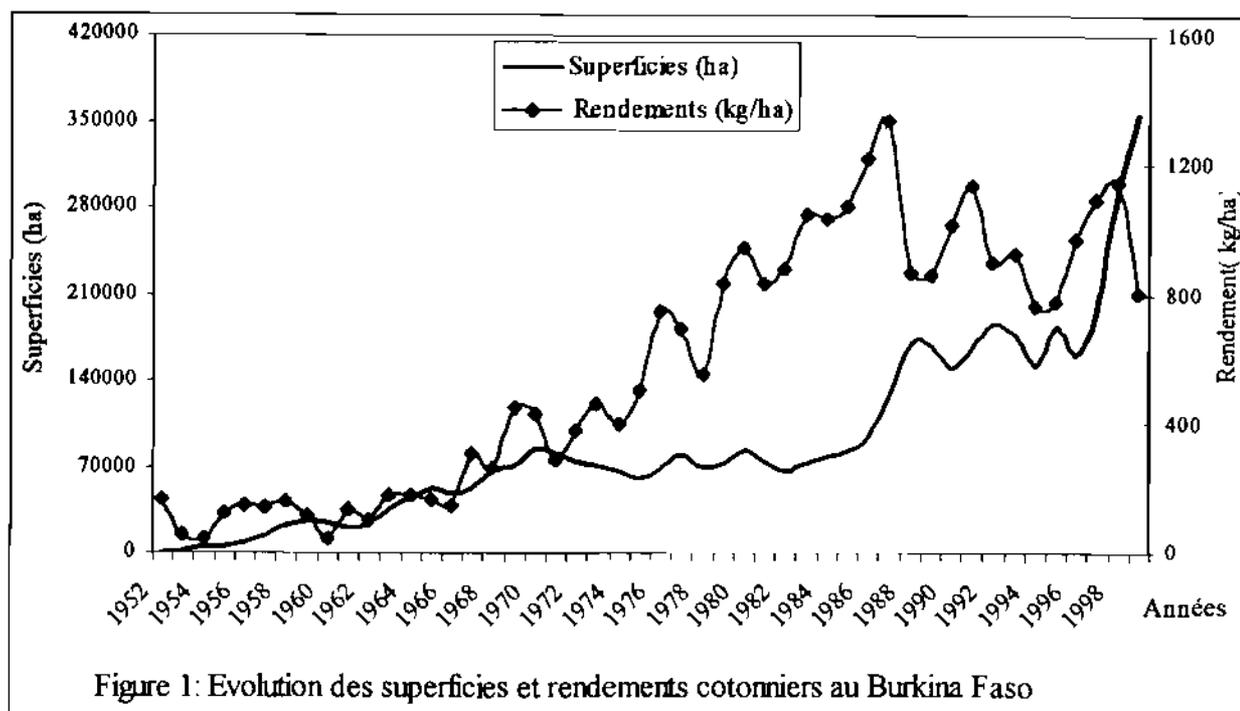


Figure 1: Evolution des superficies et rendements cotonniers au Burkina Faso

Sources : BELEM (1985) ; SCHWARTZ (1993) ; DAKOUO (1994) ; SOFITEX (1999)

Figure 1 : Evolution des superficies et rendements cotonniers au Burkina Faso

La mise en place d'un réseau de vulgarisation et d'encadrement par la SOFITEX, l'essor de la mécanisation agricole et la hausse du prix d'achat du coton aux producteurs expliquent l'évolution quasi exponentielle des superficies cotonnières depuis la décennie 1970. La superficie cotonnière totale a été estimée à 170 395 ha en 1988 pour une production de 148 015 tonnes (SCHWARTZ, 1993). La zone cotonnière Ouest a fourni à elle seule, 90% et 95% de la production totale respectivement au début et à la fin de la décennie 1970 (BELEM, 1985). Cette performance enregistrée s'explique par l'émergence de la mécanisation des exploitations agricoles. Pendant ce temps on observe une forte diminution des rendements.

Le processus de l'équipement des exploitations a été facilité par des crédits de production contractés auprès de la Caisse Nationale de Crédit Agricole (CNCA). L'intervention de la SOFITEX dans la zone ouest s'est traduite par le montage de 312 tracteurs BOUYER de 20 CV et 311 charrues (Service Atelier de la SOFITEX-Bobo). D'autre part, la mise en place d'un programme de recherche sur le coton (Programme Coton) en 1987 au sein de l'INstitut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (I.N.E.R.A.) a apporté un appui scientifique considérable au développement de la culture cotonnière. Ce programme comprend, quatre sections (Entomologie, Agronomie, Agro-économie et sélection variétale). Sur le plan sélection variétale, les premiers essais de sélections variétales datent de 1982. La sélection variétale a permis la mise au point de variétés mieux adaptées aux conditions locales du milieu. Il existe une banque de gènes d'environ 150

variétés sélectionnées (SANFO et KABORE, 1999). La productivité, la précocité et la qualité de la fibre constituent les principaux critères de la sélection variétale. Le Tableau 1 présente quelques variétés de cotonniers cultivés au Burkina Faso.

Tableau 1 : Quelques variétés de coton cultivées au Burkina Faso

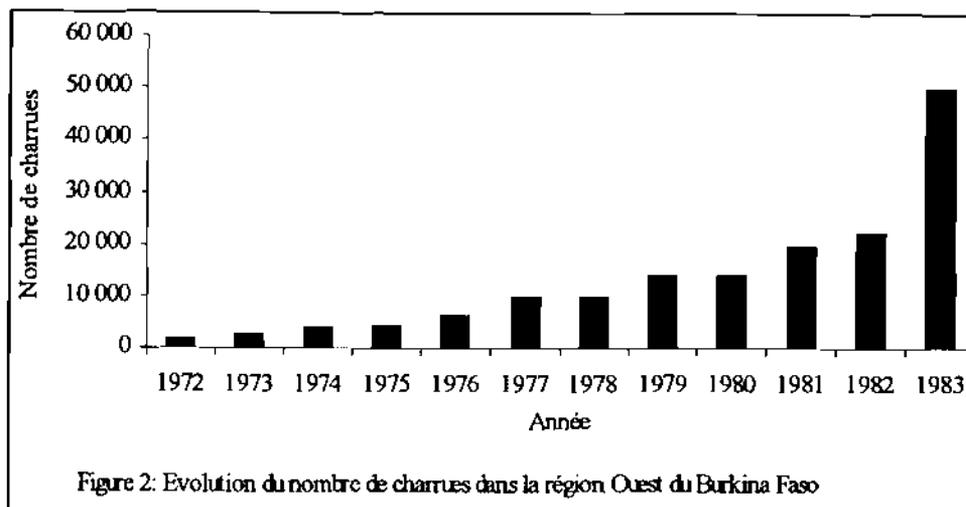
Variétés	ISA205	GL7	STAM59A	FK290	FK36	FK51	FK31 BULK
provenance	Côte-d'Ivoire		Togo	Burkina Faso			

Source : SANFO et KABORE (1997) ; SANFO (1999)

## II- INFLUENCE DE LA CULTURE DU COTON SUR LE SYSTEME DE PRODUCTION

### 1- Equipement agricole

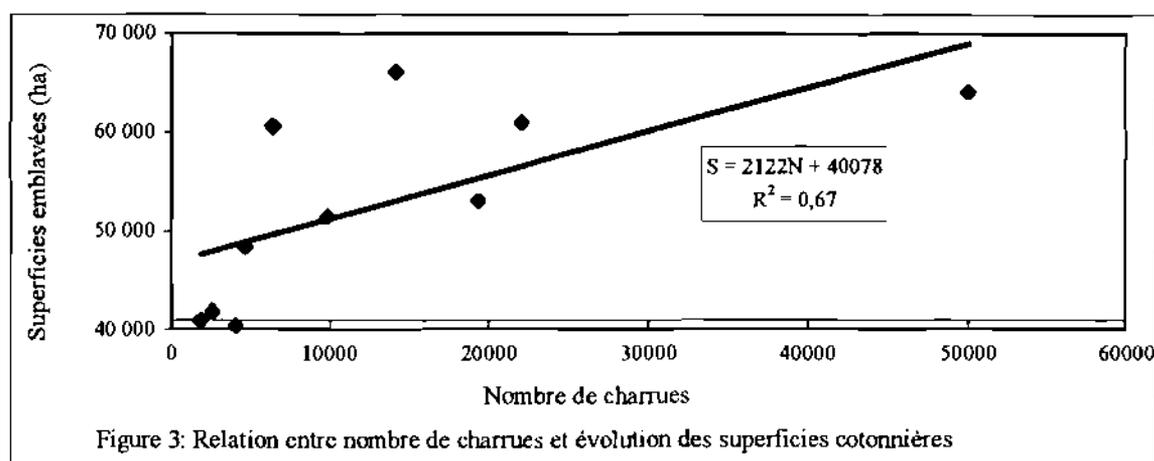
L'agriculture traditionnelle se caractérise par l'utilisation d'outils rudimentaires pour le défrichage et le travail du sol. La culture industrielle du coton nécessite une perfection du matériel agricole. Au Burkina Faso, la première tentative d'utilisation de la charrue date de l'équipement des Fermes Ecoles. La première diffusion massive de la traction asine s'est effectuée de 1962 à 1965 par l'intermédiaire de la Société d'Aide Technique et de Coopération (SATEC). Cette opération a permis la distribution de 21712 houes manga sur le plateau central (BELEM, 1995). En 1974, la Société Voltaïque d'Intérêts Collectifs Agricoles (SOVICA) était la seule entreprise de fabrication du matériel agricole. Depuis 1974, le Burkina Faso s'est doté de trois Ateliers Régionaux de Construction de Matériel Agricole (ARCOMA) basés à Ouagadougou, Bobo-Dioulasso et à Tenkodogo auxquels s'ajoutent douze (12) Centres Opérationnels Régionaux de Mécanisation Agricole (COREMA). Ces centres sont chargés de la diffusion et de l'entretien du matériel produit par les ARCOMA (GARNIER, 1995). Vulgariser la culture attelée tout en réduisant les importations du matériel agricole était l'objectif global des ARCOMA / COREMA (BELEM, 1985). En 1983, les ARCOMA ont été scindés en deux structures : Le Centre National d'Equipement Agricole (CNEA) et l'Atelier Pilote de Construction de Matériel Agricole (APICOMA) produisant chacun 50% des équipements de culture attelée et/ou manuelle. Cette initiative explique en partie l'évolution du nombre d'attelage comme l'illustre la Figure 2.



Source : BELEM, 1985

Figure 2 : Evolution du nombre de charrues dans la région Ouest du Burkina Faso

Plus que la culture cotonnière elle-même, l'augmentation des superficies semble être fortement liée à l'augmentation du nombre de charrues (Figure 3).



Source : BELEM, 1985

Figure 3 : Relation entre nombre de charrues et évolution des superficies cotonnières

Le succès de la culture attelée a entraîné le lancement du Projet "Motorisation Intermédiaire" en 1977. Cette opération a permis de doter les exploitations attelées de 15 à 20 ha d'un tracteur "BOUYER" de 20 CV. Le surplus financier dégagé par la Motorisation Intermédiaire a permis aux promoteurs de passer de 16 exploitations motorisées en 1978 à 250 exploitations motorisées en 1985 (GARNIER, 1995).

## 2- Pratique de la fertilisation

La recherche agricole a montré que la majorité des sols du Burkina Faso sont relativement pauvres en N, P et en K, éléments minéraux dont le cotonnier a besoin pour un développement végétatif normal. En effet, l'azote (N) et le phosphore (P) sont des éléments dont le cotonnier a besoin tout au long de son cycle végétatif. Le potassium (K) n'est exigé que pendant la phase de maturation.

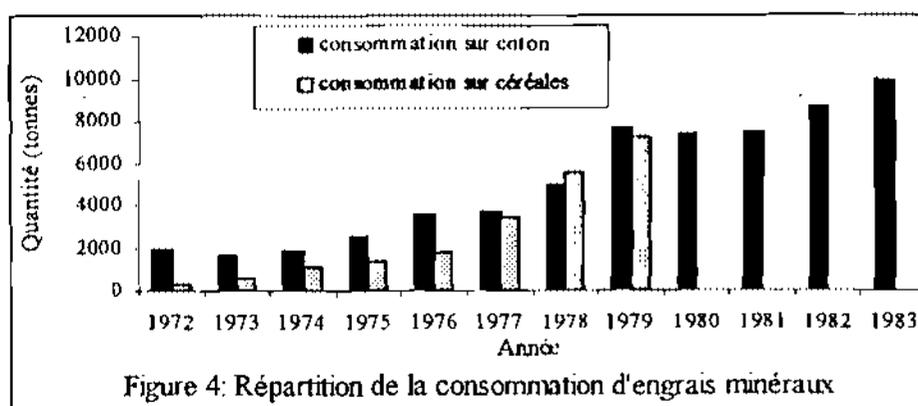
L'apport du soufre (S) est nécessaire entre la levée et le 50<sup>ème</sup> jour après le semis. Le bore (B) est indispensable à une bonne floraison (DAKOUO, 1994 ; BELEM, 1985 ; PARRY, 1982). Les engrais minéraux (NPKSB, urée) améliorent le bilan minéral du sol. Ces fumures minérales ont été vulgarisées en milieu rural grâce à la culture cotonnière qui permet l'accès aux crédits agricoles. La formule et les doses de ces engrais évoluent sans cesse (Tableau 2) pour mieux compenser un bilan minéral des sols en perpétuelle évolution.

Tableau 2 : Evolution de la formule de l'engrais coton

Période	Type d'engrais utilisé	
	Formule du N-P-K-S-B	Dose du NPKSB en kg/ha
De 1972 à 1977	18-35-0-6-1	100
De 1978 à 1979	12-23-15-6-1	150
De 1980 à 1982	14-23-15-6-1	150
En 1983	13-24-14-6-1	150
A partir de 1990	14-23-14-6-1	
A partir de 1998	22-14-13-4,5-0,75	200
De 1999 à 2000	14-23-14-6-1 et la formule unique	200

Source : RICHARD, 1982 ; BELEM, 1985, SOFITEX, 1999

La Figure 4 montre que la culture cotonnière consomme plus d'engrais que la culture céréalière. On observe cependant une consommation d'engrais sur le coton légèrement inférieure à celle des autres cultures en 1978. Cette particularité peut s'expliquer par l'importation de plus de 3 000 tonnes d'un autre type d'engrais par la Société Sucrière de la Comoé (SO.SU.CO) à partir de 1978 pour la production de la carène à sucre.



Source : BELEM, 1985

Figure 4 : Répartition de la consommation des engrais minéraux

La fumure organique est utilisée à très faible quantité par rapport aux fumures minérales. La jachère permettant la reconstitution de la fertilité organique du sol pouvait atteindre 15 à 20 ans après 7 à 8 ans de mise en culture. De nos jours, la durée de la jachère n'est plus que de 5 ans environ si elle n'a pas disparu dans certaines régions cotonnières à cause de la forte pression agrodémographique.

La durée de mise en culture qui n'était que de 6 à 8 ans avec la houe est passée à plus de 10 ans grâce à la traction animale (GUIRE, 1997).

### **3- Assolements et rotations**

L'assolement est la répartition parcellaire des cultures dans l'espace champ en une année donnée. La rotation peut se définir comme étant la succession des cultures sur une même parcelle au cours des années (BELEM, 1985). L'assolement et la rotation permettent de mieux valoriser les arrières effets des engrais-coton sur d'autres cultures et de lutter contre l'épuisement du sol. Il a été préconisé par la recherche, une rotation sur quatre ans comme suit :

- 1<sup>ère</sup> année : culture de coton avec apport d'engrais ;
- 2<sup>ème</sup> année : culture de céréale sans apport d'engrais ;
- 3<sup>ème</sup> année : culture de légumineuse sans apport d'engrais ;
- 4<sup>ème</sup> année : culture de coton avec apport d'engrais.

Suite à l'abandon de certaines cultures, la rotation évolue vers un système triennal de type "coton-maïs-sorgho". Depuis 1991, le coton, le maïs, le sorgho et les cultures diverses (mil, niébé, sésame...) tendent à occuper respectivement 45%, 35%, 12% et 8% des superficies emblavées (DEAT, 1991).

L'assolement semble fortement influencé par le niveau de l'équipement. Les exploitations manuelles mettent l'accent sur les cultures vivrières avec une faible portion de surface réservée à la culture du coton. Dans les exploitations attelées et motorisées, le système de culture est nettement dominé par le coton et le maïs. Pour FAURE (1992), il s'agit d'un type de culture tournée vers une économie de marché dont la tendance est à l'abandon des cultures peu rentables telle que la culture de mil, de fonio et d'arachide.

#### 4- Autres pratiques culturales

##### 4.1- Le désherbage chimique

L'introduction de la culture cotonnière a été un moteur de l'utilisation des herbicides. La consommation des herbicides semble influencée par le niveau de l'équipement (tableau 3).

Tableau 3 : Utilisation des herbicides

Niveau d'équipement	Manuel	Attelé	Motorisé	Total
Echantillon d'exploitations	1369	1993	17	3379
Utilisateurs d'herbicides (%)	6,5	16	76	98,5

Source : LENDRES, 1992

Le traitement préventif se fait à base de l'herbicide gramoxone. Il est efficace pendant les 40 premiers jours après semis et empêche la levée des adventices. Le cotodon 400, le primagram et le sorghoprim sont des herbicides utilisés respectivement pour désherber les parcelles de coton, de maïs et de sorgho. Mais dans la pratique, les paysans mélangent le gramoxone et le cotondon 400. Ceci permet d'empêcher non seulement le développement de nouvelles adventices mais aussi d'éliminer celles déjà levées en un seul traitement. Il a été recommandé une dose de 4 litres /ha le plus tôt possible après les semis (LENDRES, 1992 ; DEAT, 1991).

L'utilisation des herbicides permet de mieux contrôler l'enherbement des parcelles et de réduire le nombre de sarclages dans l'année.

##### 4.2- Les traitements phytosanitaires

Le cotonnier est une plante très parasitée. Sa culture nécessite une protection phytosanitaire. La lutte étagée pratiquée au Burkina Faso consiste à appliquer des doses variables de pesticides suivant le degré d'infestation. Les types d'insecticides couramment employés sont les suivants : cyperthion ; cypercal ; cytoate ; endocoton ; alphathion ; jacto ; phaser ; polythion ; deltaphos ; et endosulfan. Les doses recommandées vont de 1 litre/ha pour la pulvérisation par pression entretenue à 3 litres/ha pour la pulvérisation à Ultra Bas Volume (LENDRES, 1992).

#### 5- Impact socio-économique de la culture cotonnière

La vente du coton graine rapporte un revenu substantiel au paysan (BELEM, 1985). A ce revenu s'ajoutent les ristournes attribuées aux villages organisés en marchés autogérés. Ces recettes entrent dans les dépenses de production (main d'œuvre, frais d'entretien et de renouvellement de l'équipement agricole). Les recettes cotonnières permettent aux producteurs d'améliorer leurs conditions de vie. Les ristournes sont destinées à la réalisation de biens d'intérêts communs

(construction d'école, de dispensaire, de maternité et de forage). Les devises rapportées à l'Etat permettent d'amortir le déficit de la balance commerciale créée par l'importation des produits céréaliers (BELEM, 1985). Ces devises servent également de frais de fonctionnement à la SOFITEX y compris l'importation des intrants agricoles ainsi que le financement des industries de filature et de type agroalimentaire (Faso-Fani, CITEC-huilerie) (BELEM, 1985).

Imposée par l'administration coloniale, soutenue et propulsée par les autorités nationales après les indépendances, la culture du coton s'est industrialisée progressivement au dépend des méthodes traditionnelles de production. L'intensification de la culture du coton est de plus en plus confrontée à des cas de saturations foncières. La diminution préoccupante des rendements ces dernières années suscite des interrogations sur les effets des pratiques culturales intensives sur le potentiel de production.

### III- LES FACTEURS DE DEGRADATION DU POTENTIEL DE PRODUCTION DANS LES SYSTEMES DE CULTURE A BASE DE COTON

#### 1- L'influence des pratiques culturales

##### 1.1- La mise en culture

Indépendamment de la spéculation en place, il convient de noter que toute mise en culture entraîne systématiquement une modification profonde de la végétation ligneuse et de la structure du sol. De 1980 à 1992, les formations forestières du Burkina ont enregistré une régression générale de 1,26 millions d'ha à raison de 105 000 ha/an (PAN/LCD, 1999). La pression agricole et démographique et le déplacement des isohyètes de 100 mm/an du Nord vers le Sud réduisant la période de végétation active de 20 à 30 jours/an expliquent partiellement cette régression des superficies forestières (PAN/LCD, 1999). Dans certaines régions, les migrants agricoles spontanés défrichent clandestinement les réserves forestières de l'Etat. Les forêts classées de Ziga et des pics du Nahouri ainsi envahies n'existent plus que de nom (YAMEOGO, 1993).

##### 1.2- Le déssouchage

Selon les pratiques culturales, MOURIFIE (1993) affirme qu'environ 97% des prestataires de service en culture motorisée refusent systématiquement de travailler sur des parcelles non déssouchées. En effet, le projet "Motorisation des exploitations" de la SOFITEX recommande la pratique du déssouchage pour éviter d'endommager les engins. Cette opération a permis d'aboutir aux résultats suivants : sur une superficie totale de 521 ha couverte par un échantillon

d'exploitations en 1981, la superficie réellement cultivée était de 376 ha dont 342 ha ont été déssouchées. Ceci correspond à 66% de la superficie totale soit à 91% de la superficie réellement cultivée. Ces chiffres ont connu une évolution rapide. En effet, sur une superficie totale de 908 ha couverte par un autre échantillon d'exploitations en 1982, la superficie réellement cultivée était de 669 ha dont 635 ha ont été déssouchées. Ceci correspond à 70% de la superficie totale soit 95% de la superficie réellement cultivée (SOFITEX, 1981 ; 1982). Cet exemple de défriche par déssouchage emprunté au projet motorisation des exploitations de la SOFITEX est assez épandu dans le système de cultures mécanisées à base du coton.

En effet, le cotonnier est une plante héliophile dont le maintien d'un ombrage même modéré est nuisible au bon développement de la plante et constitue un biotope de prolifération des insectes ravageurs. KOTO (2000), propose de réduire au maximum, ces effets indésirables par des opérations d'abattage des arbres à l'aide de treuils, de pulvérisateurs, de bulldozers ou de matériels agricoles traditionnels. RENARD (1947) pense que le déssouchage de la partie souterraine des légumineuses ligneuses prive au sol, une des voies sûres du maintien de sa fertilité.

### **1.3-Travail du sol : le labour**

Pour FERNADEZ (1949) et RENARD (1947), la préparation des terrains destinés aux cultures de rente consiste le plus souvent à débarrasser le sol des racines de la végétation ligneuse à l'aide de puissantes charrues ou de tracteurs. Pour ROGIER et LYON-CAEN (1949) et PARRY (1982), la préparation des sols aux semis doit comporter un labour de défrichement à l'aide d'une charrue à disque mieux adaptée à l'enlèvement des racines situées à une profondeur de 20 cm, et un passage de pulvérisateur pour uniformiser la surface du sol. Pour l'IRCT (1958), il semble dangereux de multiplier à l'excès les façons culturales superficielles telles que le pulvérisage des sols aux disques. La préparation du sol par de telles opérations vise à constituer un profil suffisamment profond pour permettre aux racines du cotonnier de croître dans de bonnes conditions. Pour PARRY (1982), un labour de 45cm de profondeur conviendrait à une bonne implantation du cotonnier. Cependant, l'auteur conseille une étude préalable du sol car il peut se révéler très préjudiciable de ramener en surface, des sous-sols dépourvus d'humus ou de provoquer une percolation des fertilisants du sol vers des horizons trop profonds.

Au regard de ce type de défrichement effectué pour réduire les risques de panne du tracteur, MAYNE et VERMOESEN (1941) estiment qu'il ne faut pas omettre d'inscrire au compte de la culture cotonnière mécanisée, un déboisement massif qu'il convient absolument de réduire. MARCHAL (1949) et DE GROOF (1944) pensent que la détérioration du couvert végétal et la pratique du déssouchage constituent les premiers pas vers une érosion rapide des sols dénudés.

Pour l'IITA (1995), le déboisement à grande échelle effectué au cours des défrichements mécanisés affecte défavorablement les propriétés physico-chimiques du sol.

Les causes fondamentales de la destruction de la végétation ligneuse résident essentiellement dans la préparation des superficies à mettre en culture. Pour l'UNESCO (1983), la dégradation des ressources ligneuses des superficies mises en culture ne serait pas aussi critique si on se contentait simplement de couper sans dessoucher. Pour FERNADEZ (1949), la mécanisation agricole, pièce maîtresse de l'intensification de l'agriculture en Afrique pose des problèmes complexes liés à des techniques culturales vraisemblablement mal maîtrisées.

#### 1.4- Les exportations sans restitutions

Pour le CIRAD (1995), la dégradation des sols liée au développement de la culture cotonnière s'explique par l'absence d'une bonne restitution organique. Pour MAYNE et VERMOESEN (1941) affirment qu'il est très dangereux de se préoccuper unilatéralement des soins à apporter au cotonnier sans accorder une importance particulière au sol. A ce sujet, CHEVALIER (1948) affirme que les négligences culturales nuisent aux sols plus que la plante la plus nuisible. Pour cet auteur, la détermination d'une méthode conciliant rigoureusement les intérêts du sol et ceux de la plante se pose plus que jamais comme une préoccupation majeure. Il pense que soigner uniquement le cotonnier c'est travailler pour le présent tandis qu'en soignant les sols et la plante, on travaille pour une pérennité de la culture cotonnière. Ce dernier rappelle que la culture extensive du coton mal conduite a entraîné une stérilité de certains domaines de Loubagui-Kari au Congo-Belge. MAYNE et VERMOESEN (1941) affirment que la culture du coton ne devient réellement très épuisante pour le sol que par l'exportation des éléments minéraux sous forme de graines sans restitution adéquate. Ces auteurs expliquent qu'une récolte de 340kg de graines de coton enlève au sol, 56 à 68 kg d'azote/ha, 23 à 27 kg de  $P_2O_5$ /ha et 45 à 54 kg de  $K_2O$ /ha.

#### 2- Incidences des engrais minéraux et herbicides

Le système de production en zone cotonnière est marqué par une dégradation progressive des ressources naturelles (LALBA et DICKEY, 1994). La fumure minérale est apparue aux producteurs comme étant les moyens les plus sûrs de l'amélioration de la productivité du sol (CHAVATTE, 1994). Cependant, le coût élevé des engrais minéraux ne leur permet pas de respecter les doses recommandées par les structures de recherche. La faible dose du NPKSB apportée pose gravement le problème du maintien de la fertilité des sols dénudés (PROGRAMME COTON/IRCT, 1987). La situation est d'autant plus préoccupante que près de 50% des engrais épandus sont perdus par voie d'évaporation et/ou de lessivage par les eaux de ruissellement (PNUE, 1992 ; TRAORE, 1998). Ces

faibles doses d'engrais contribuent tout de même à l'acidification du sol ( PROGRAMME COTON/IRCT, 1987 ; MARILENE, 1999). Une tentative de résolution de ce problème s'est traduit au cours des années par une évolution de la formule du NPKSB.

En 1986 des essais conduits sur la ferme de Boni ont permis de mettre en évidence les arrière-effets des herbicides utilisés en 1985 (PROGRAMME COTON/IRCT, 1987 ; DAKOUO, 1991). La biomasse aérienne et souterraine des adventices constitue une source capitale d'accumulation de la matière organique dans le sol. A ce titre, DEAT (1991) pense que l'accumulation des herbicides dans le sol doit être quantifiée périodiquement car, réduire excessivement la reconstitution de la biomasse racinaire des adventices dans le sol, c'est accélérer la rupture du processus de stockage de la matière organique du sol.

#### IV- QUELQUES STRATEGIES DE LUTTE CONTRE LA DEGRADATION DES AGROECOSYSTEMES

Des efforts ont été entrepris pour lutter contre l'érosion et la baisse de la fertilité des sols. On peut distinguer des méthodes agronomiques et des méthodes agroforestières.

##### 1- Les méthodes agronomiques

- Les labours effectués perpendiculairement à la pente générale des champs constituent un moyen de lutte contre l'érosion hydrique des sols. Cette technique perd toute son efficacité sur des terrains à pente forte.
- La disposition de cordons pierreux perpendiculairement à la pente permet de réduire le drainage des éléments fins du sol vers les zones de dépression.
- L'apport de fumier, l'enfouissement des adventices et des résidus de récolte constituent des voies d'amélioration de la fertilité et de la rétention de l'eau dans le sol.

La planche n°1 présente quelques pratiques locales de gestion de la fertilité des sols sous culture rencontrées à Bala.

##### 2- Les méthodes agroforestières

Aménagée par la SOFITEX, la "ferme de Boni" constitue un berceau d'expérimentation des techniques agroforestières de lutte anti-érosive vulgarisées dans la zone cotonnière. Parmi les activités qui y sont menées, on peut citer :

- la culture des espèces fourragères telles que *Stylosanthes verano* ; *Bracharia ssp* ;

- L'implantation des haies vives afin de protéger le champ contre les animaux et l'érosion hydrique et éolienne. On utilise des espèces comme *Acacia nilotica*, *Ziziphus mauritiana*, *Bauhinia rufescens*, *Prosopis juliflora*...

- l'installation des brise-vent avec des espèces souvent plus hautes que celles utilisées pour la réalisation des haies vives. Les brise-vent permettent de modérer les dommages dus aux vents sur le champ. Les espèces appropriées sont les suivantes : *Eucalyptus camaldulensis*, *Bauhinia rufescens*, *Cassia siamea*...

La réalisation de bandes enherbées à base d'herbacées pérennes telles que *Andropogon gayanus*, *Andropogon ascinodis*, *diheteropogone gigantea*...

Ces essences ont été plantées après un sous-solage. L'arrosage des plants à l'aide de purin de vaches les protège contre les animaux durant la saison sèche (ILLA, 1993).

La planche n°2 présente quelques méthodes agroforestières de lutte contre le drainage érosif des matériaux fins du sol rencontrés à Bala.

Planche n°1 : Quelques pratiques culturelles de gestion de la fertilité des sols à Bala

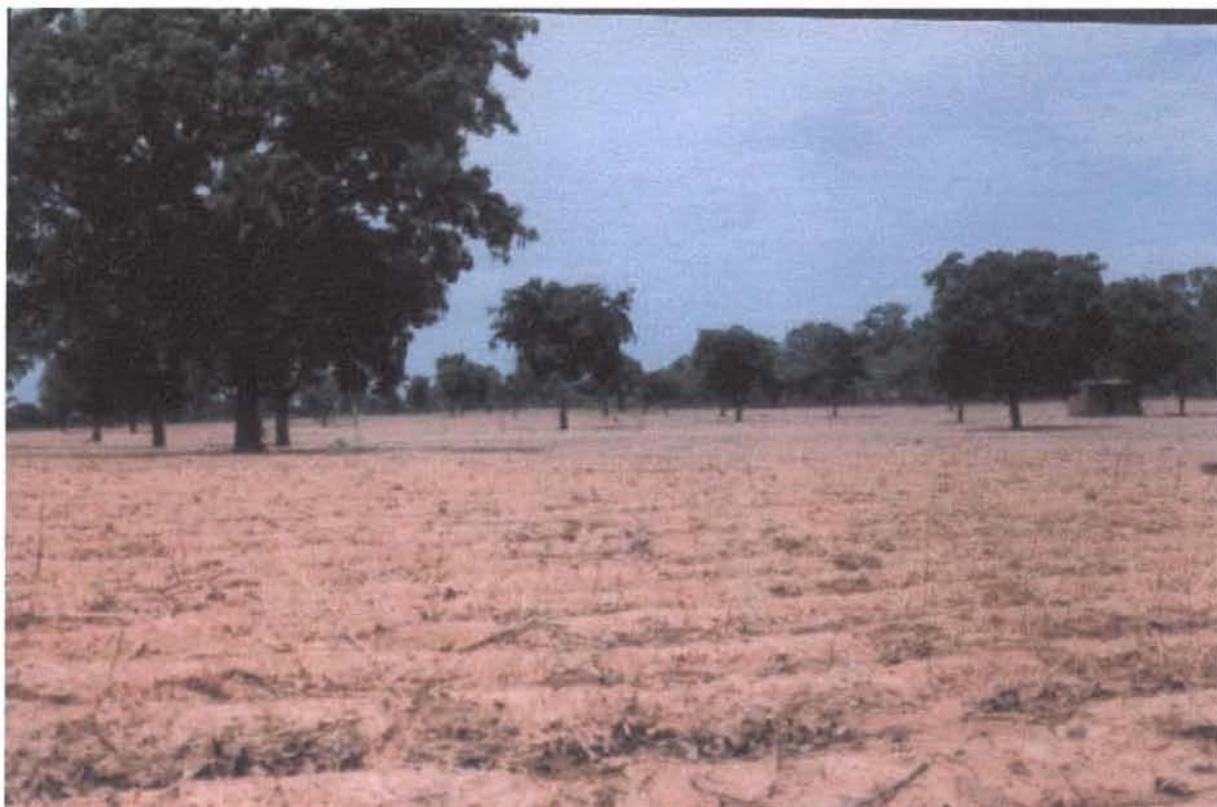


Photo n° 1 : Aperçu des tiges de cotonnier après la récolte



Photo n°2 : Gestion des résidus de récolte. Tiges de cotonnier séchées entassées pour être brûlées



Photo n°3 : Fertilisation des champs de brousse : Dépôt de fumier de parc en tas en saison sèche



Photo n°4 : Fertilisation des champs de brousse par le système de parcage



Photo n°5 : Labour attelé des sols avant les semis

Planche n°2 : Quelques techniques de lutte contre l'érosion hydrique



Photo n° 6 :Aperçu de la dynamique végétative autour d'un cordon à tronc d'arbres

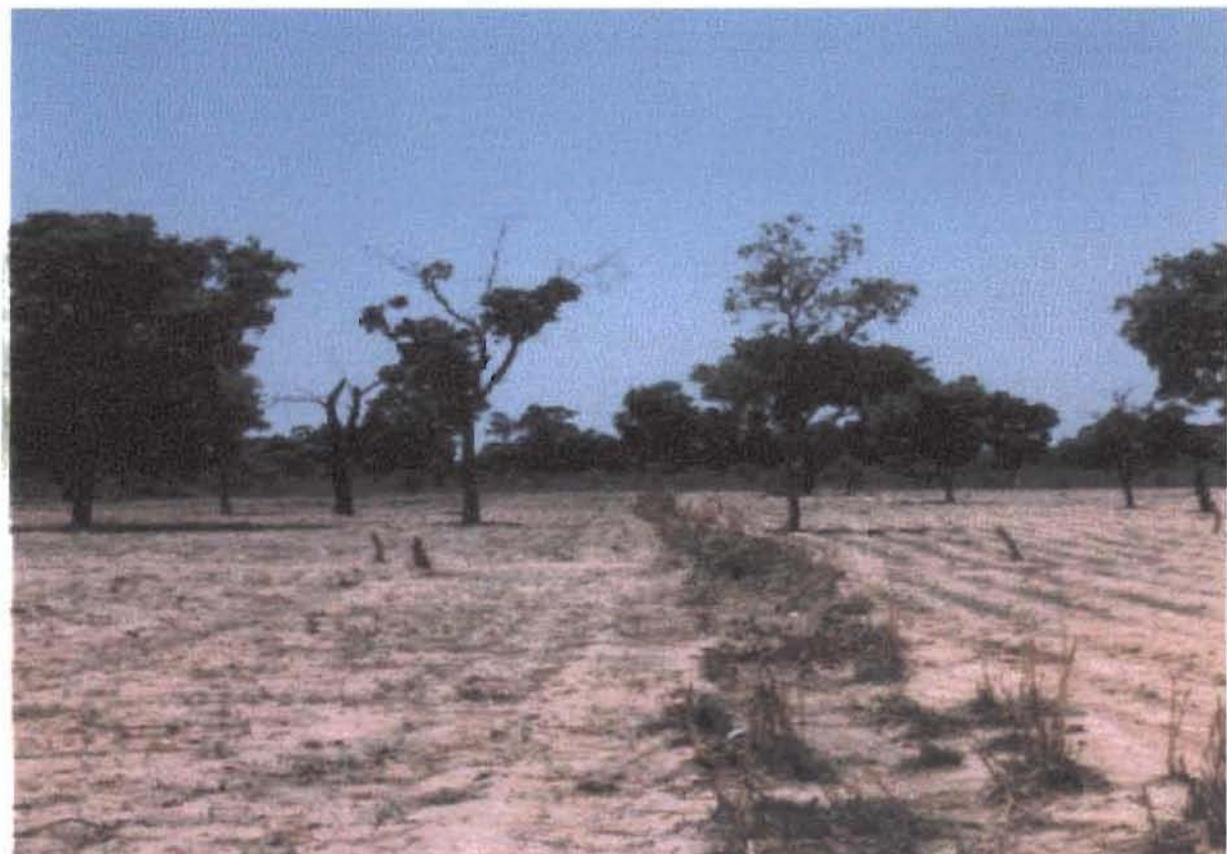


Photo n° 7 : Aperçu d'une bande enherbée à *Andropogon gayanus* en saison sèche



Photo n° 8 : Aperçu d'un brise vent à *Eucalyptus camaldulensis*



Photo n° 9 : Aperçu d'une haie vive à *Bauhinia rufescence* en cours d'implantation



Photo n°10 : Aperçu d'une haie vive à *Bauhinia rufescence* en pleine végétation



Photo n°11 : Aperçu d'une haie vive à *Jatropha curcas* bien implantée et en pleine végétation

## CONCLUSION

Le cotonnier était traditionnellement cultivé au Burkina Faso avant l'arrivée du colonisateur. De nombreux efforts ont été accomplis pour industrialiser la culture de cette plante. Ces efforts se sont traduits par une nette amélioration des conditions de production avec l'utilisation des intrants (engrais, pesticides, herbicides) et la mise au point d'un équipement agricole moderne constitué de matériel d'attelage et de tracteur. Il en résulte une augmentation quasi exponentielle des superficies emblavées. Dans le souci d'une utilisation durable de ce nouveau type d'équipement agricole, de vastes opérations de déssouchage ont été effectuées. Limités financièrement, les producteurs ont du mal à respecter les doses d'engrais recommandées par les structures de recherche sur des superficies parfois trop vastes. Exposés aux eaux de ruissellement et aux vents, les sols dénudés par la pratique de déssouchage s'épuisent irréversiblement. L'évolution de la formule des engrais, la vulgarisation des techniques de défense et de restauration des sols, l'incitation à la plantation des essences forestières à titre de brise-vent ou de haie vive et des apports de fumures organiques constituent autant de tentatives entreprises pour relever la productivité des sols dans les systèmes de culture à base de coton.

Une meilleure approche de la résolution de cette détérioration des ressources ligneuses et des ressources en sol passe absolument par une caractérisation scientifique rigoureuse de l'état actuel du domaine agricole en vue d'une modélisation des systèmes de cultures à base de coton. Cette modélisation des systèmes de culture à base de coton aura le noble intérêt et avantage de suivre rigoureusement l'évolution des paramètres physico-chimiques des ressources en sol, seul gage de contrôle de l'évolution des rendements culturaux en général et du coton en particulier. Cette caractérisation de l'état actuel du potentiel de production passe par une meilleure connaissance de l'évolution des ressources naturelles.

L'analyse de l'évolution des rendements obtenus sur des essais de longue durée, des enquêtes sur les pratiques culturelles locales, l'approche cartographique, l'étude de la végétation et de la fertilité des sols qui constituent l'ossature de cette étude nous ont semblé être des outils de choix pour l'ensemble de nos travaux en milieu réel. Mais auparavant, il nous semble utile de présenter le milieu d'étude et les méthodes et matériels utilisés.

## CHAPITRE 2 : PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE

### I- LE MILIEU PHYSIQUE

#### 1- Localisation

Le terroir de Bala est situé dans la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso. Il couvre selon LAINE *et al.*, (1990), une superficie de 7570 ha. Ce terroir est situé à environ 65 Km au Nord de Bobo-Dioulasso et à 15 km au Nord-Ouest de Satiri, entre le fleuve Mouhoun et la route nationale Bobo-Dédougou. Il est défini par les coordonnées géographiques suivantes : 11°33' de latitude Nord et 4°01' de longitude ouest (LAINE *et al.*, 1990). Administrativement, Bala fait parti du département de Satiri et de la province du Houet.

#### 2- Climat

Le terroir de Bala est situé dans la zone climatique soudanienne caractérisée par une saison sèche et une saison pluvieuse. L'hivernage va de la deuxième décennie de mai et se termine à fin octobre. La moyenne pluviométrique annuelle varie de 957 à 1 100 mm.

La température annuelle est de 27°5 en moyenne avec une évapotranspiration moyenne de 1800 mm (LAINE *et al.*, 1990).

#### 3- Les sols

GRN/SP Ouest (1998) distingue quatre types de sol : les lithosols, les sols rouges gravillonnaires des glacis de raccordement, les sols des bas glacis et les sols beiges des bas glacis.

*Les lithosols* sont des sols caillouteux, gravillonnaires ou sableux de très faible épaisseur. Ils se rencontrent entre les buttes cuirassées ou rocheuses. Inaptes à la culture à cause de leur pauvreté chimique, les lithosols sont surtout réservés aux parcours du bétail.

*Les sols rouges gravillonnaires des glacis de raccordement* sont des sols parsemés de gros blocs de cuirasses et peuplés d'une végétation ligneuse relativement abondante. Ils sont également incultes de la culture.

*Les sols des bas glacis* font suite aux sols des glacis de raccordement et présentent en général, une pente de l'ordre de 1 à 2%. Ce sont des sols sablo-limoneux, profonds et friables. Ces sols représentent les meilleurs sols des zones exondées. La mise en culture de ces sols nécessite des

mesures anti-érosives à cause de leur instabilité structurale et de leur pente généralement forte. Ils sont occupés par la culture de coton, maïs, sorgho et mil.

*Les sols beiges des bas glacis* diffèrent des sols rouges des bas glacis par une couleur plus terne (beige, brun-jaunâtre). Ces sols sont de texture sablo-limoneuse en surface avec toutefois, une structure massive et une consistance friable à l'état sec. En période d'abondance pluviométrique, les sols beiges se saturent d'eau et deviennent nuisibles à l'enracinement profond de certaines plantes comme le cotonnier. Ces sols sont entièrement cultivés en coton, maïs, mil, sorgho, arachide.

#### **4- Relief et paysage**

Les écosystèmes unitaires de Bala ont été caractérisés par des travaux antérieurs (Programme GRN/SP Ouest, 1998) au cours d'une étude intitulée : "Historique de la Dynamique du Terroir de Bala (HDT)". Cette étude a permis de distinguer six types de paysages unitaires : le paysage de butte rocheuse, le paysage de butte cuirassée, le paysage de glacis versant, le paysage de bas glacis à sol rouge, le paysage de bas glacis à sol beige, le paysage de bas-fonds.

*Le paysage des buttes rocheuses* localisé au sud et à l'est du village. Ces buttes présentent un sommet arrondi et un versant convexe à pente forte, favorisant le drainage intensif des matériaux fins. Ces buttes rocheuses abritent une végétation de savane arborée à arbustive considérablement dégradée. On y rencontre des espèces telles que *Bombax costatum* ; *Afromosia laxiflora* ; *Lannea microcarpa*, *Andropogon gayanus* ; *Pennisetum pedicellatum* ;

*Le paysage des buttes cuirassées* se caractérise par des effleurements de dalle et de blocs de cuirasse.

Il possède le second niveau le plus élevé du terroir. Les buttes cuirassées abritent des espèces telles que *Lannea acida* ; *Lannea microcarpa* ; *Combretum spp* ; *Pterocarpus erinaceus* ; *Strychnos spinosa* *Loudetia togoensis* et *Andropogon pseudapricus*. Ce paysage est réservé au pâturage et au prélèvement de bois de chauffe.

*Le paysage de glacis versant* se situe au pied des buttes et sur sol gravillonnaire présentant à ce niveau, une surface convexe et une forte pente. Ces glacis versants abritent une végétation de savane arbustive moins dégradée où se rencontrent des espèces telles que *Combretum spp*, *Strychnos spinosa*, *Detarium microcarpum*, *Gardenia spp*, *Burkea africana*, *Entada africana*, *Andropogon pseudapricus* et *Loudetia togoensis*.

*Le paysage de bas glacis à sol rouge* se rencontre sur un terrain peu accidenté avec une végétation de savane arbustive considérablement dégradée par la mise en culture. La végétation résiduelle n'est plus qu'un parc à *Vitellaria paradoxa*.

*Le paysage des bas glacis à sol beige* présente un terrain de surface peu concave avec une pente sensible au drainage des éléments fins du sol. La végétation actuelle est un parc à *Vitellaria paradoxa* due à la mise en culture.

*Le paysage des bas-fonds* s'est développé sur les bas glacis et présente un terrain de surface concave. La végétation de bas-fond est une formation ripicole. La dégradation de cette formation se traduit par la disparition de la couverture végétale initiale. La prise de conscience de la population s'est traduite par une interdiction de mise en culture et une autorisation d'implantation aux abords des bas-fonds. On rencontre des espèces exotiques comme *Mangifera indica* ; *Tectona grandis* ; *Cassia siamea* ; *Eucalyptus camaldulensis*.

## 5- La Végétation

L'existence de terrains non cultivables et de la forêt classée de la Mare aux Hippopotames, expliquent que le terroir de Bala possède encore une diversité floristique importante. Cette forêt classée abrite des espèces comme *Pterocarpus erinaceus*, *Daniellia oliveri* ; *Prosopis africana* dont le tronc peut atteindre 50 cm à 60 cm de diamètre. Les espèces d'utilité alimentaire sont représentées par *Tamarindus indica*, *Vitellaria paradoxa*, *Bombax costatum*, *Adansonia digitata*. Les galeries forestières des cours d'eau sont particulièrement riches en espèces guinéennes telles que *Pterocarpus santalinoïdes*, *Parinari congoensis*, *Morelia senegalensis* ( PERON et al 1975 ; LAINE et al 1990 ; GRN/SP, 1998 TAITA, 1997).

Les jachères sont peuplées de *Piliostigma thonningii*, *Piliostigma reticulatum*, *Guiera senegalensis*, *Andropogon gayanus*, *Schizachyrium sanguineum*.

La forêt classée de la Mare aux Hippopotames est un bois sacré pour les populations environnantes. Elle a une superficie de 19 200 ha avec la présence d'une mare permanente de 660 ha. La forêt classée doit son nom à la présence d'une importante population d'hippopotames dans la mare. L'ensemble forêt et mare a été retenu et intégré dans le Réseau International des Réserves de la Biosphère par l'UNESCO en 1978 (GRN/SP Ouest, 1998).

## 6- La faune

Les ressources forestières et la disponibilité de l'eau font de la Forêt Classée de la Mare aux Hippopotames un biotope important de faune terrestre et aquatique. La faune aquatique est

représentée par une trentaine d'espèces de poissons et de nombreux hippopotames. L'avifaune est constituée de près de 200 espèces d'oiseaux recensés dont les cormans, les canards, les oies, les jacanas, les vanneaux, les chevaliers, les pintades sauvages, les francolins, les perdrix, etc. La faune terrestre est représentée par une dizaine de famille de mammifères sauvages. On peut y rencontrer des singes, des lièvres, des phacochères, des cobs de Buffon, des guibs (GRN/SP Ouest, 1998).

## II- LE MILIEU HUMAIN

### 1- Peuplement et composition ethnique

La fondation du village de Bala remonte à plus de 100 ans. Les premiers occupants étaient des Ouattara en provenance de Lara, village aujourd'hui disparu. Ils ont d'abord séjourné à Satiri. A cette époque, Bala n'était qu'un campement de chasse. Ils ont procédé par la mise en culture des terres de Bala avant de s'y installer définitivement. Ils ont été rejoints successivement par les Dafing, les Mossi et quelques bergers Peulh (ILLA, 1993). Les autochtones ont conservé leur droit coutumier de contrôlé et de gestion des terres (ILLA, 1993 ; GRN/SP OUEST, 1998).

### 2- Les activités socio-économiques

#### 2.1- La production agricole

Elle occupe la majeure partie de la population. Près de 86% des producteurs sont équipés en matériels de traction animale (GRN/SP Ouest, 1998). Selon une typologie basée sur l'équipement agricole, on distingue :

- le système traditionnel basé sur la production manuelle de sorgho, de mil et du coton. Ce système ne consomme que de très faible quantité d'engrais ;
- le système semi-intensif caractérisé par une consommation importante d'engrais et la culture attelée de coton et de maïs ;
- le système intensif caractérisé par la production de coton et de maïs en grande culture attelée ou motorisée (trois exploitations motorisées). Ce système implique une plus forte consommation d'engrais (LAINE *et al.*, 1990).

La commercialisation des céréales est assurée par des collecteurs locaux et étrangers tandis que celle du coton est assurée par la SOFITEX. Le tableau 5 indique les prix des différentes productions céréalières en fonction de la période de l'année.

Tableau 4 : Prix des céréales (en FCFA /kg)

Culture	A la récolte	En période de disette
Maïs	7 5	15 0
Sorgho blanc	6 0	10 5
Sorgho rouge	15 0	15 0
Mil	12 0	15 5
Arachide	7 5	9 0
Niébé	12 0	30 0

Source : GRN/SP OUEST( 1998)

### **2.2- La pêche et le tourisme**

La proximité de la mare facilite la pratique de la pêche. La pêche constitue une activité secondaire par rapport aux activités agricoles. Les pêcheurs sont organisés en un groupement de 22 personnes. Les membres du groupement sont originaires des villages environnants de la mare.

### **2.3- L'exploitation forestière**

La forêt classée représente la principale source de bois de chauffe, de construction et de cueillette pour les populations environnantes. Il existe un groupement de gestion forestière chargé de superviser le prélèvement des produits forestiers. L'exploitation du bois est une activité secondaire par rapport aux travaux champêtres.

La forêt classée de la mare aux hippopotames est également utilisée pour des activités apicoles. Les recettes forestières contribuent au maintien des jeunes dans le village durant la saison sèche.

## **CONCLUSION**

Le potentiel de production de notre terroir d'étude est confronté à de sérieuses contraintes naturelles: le paysage est régulièrement ponctué par des élévations de buttes rocheuses et cuirassées exemptées de toute activité agricole. Les sols sont de texture sablo-limoneuse à gravillonnaire dont une bonne fraction (les lithosols et les sols gravillonnaires) est inapte à la mise en culture soit pour leur pauvreté chimique soit à cause des blocs de cuirasse. Les sols cultivables sont constitués par les sols de bas des glacis. Ils sont de texture sablo-limoneuse et présentent l'inconvénient d'être très friables. A cette fragilité structurale des sols s'ajoute la présence des élévations rocheuses et cuirassées qui favorisent le drainage intensif des matériaux fins du sol. La mise en culture de ces sols nécessite la mise en œuvre de pratiques culturales soucieuses des conditions topographiques particulières et de la constitution granulométrique des sols. L'analyse de l'évolution des rendements obtenus sur l'essai de longue durée, l'approche cartographique de l'évolution du potentiel agricole, les inventaires floristiques et l'appréciation de la fertilité des sols apportent des éléments de caractérisation de l'état actuel du potentiel de production.

## DEUXIEME PARTIE : ETUDE DE L'EVOLUTION DES RESSOURCES NATURELLES

### CHAPITRE 1:      MATERIELS ET METHODES

Le système de production de Bala est caractérisé par des assolements où le coton et les céréales sont cultivés en rotation. La pratique des rotations ne permet pas une caractérisation rigoureuse de l'incidence de la culture cotonnière sur l'évolution des ressources naturelles (sol et végétation). Il a été nécessaire d'associer à notre approche méthodologique adoptée en milieu paysan, les résultats obtenus sur un dispositif expérimental de longue durée implanté à la station de recherche de Farako-Bâ depuis 1982. Ce dispositif a pour objectif d'étudier l'influence des pratiques culturales (rotation, fumure) sur l'évolution de la fertilité du sol et des rendements des cultures sous différents systèmes de culture comportant le coton, les céréales (sorgho) et les légumineuses (arachide).

#### I- LE DISPOSITIF EXPERIMENTAL DE LONGUE DUREE

Le dispositif est un essai factoriel à 4 répétitions dont les parcelles principales représentent les traitements principaux suivants :

Ro = Sorgho en culture continue

R1 = Rotation sorgho-cotonnier-arachide

R2 = Cotonnier en culture continue

Chaque parcelle principale comporte 8 sous-parcelles qui correspondent aux traitements secondaires. Ces traitements secondaires sont basés sur un apport de différents fertilisants à des doses variées.

##### **1- Les fertilisants**

Ils sont apportés sous deux formes essentielles :

Les fumures organiques : il s'agit des résidus de récolte et du fumier de parc.

Les fumures minérales : il s'agit du super triple phosphate (TSP) à 46% de  $P_2O_5$ , du chlorure de potassium (KCl) à 60% de  $K_2O$ , de l'urée à 46% d'azote, de l'engrais coton (NPKSB) de formule 14-23-14-6-1 et d'un amendement calco-magnésien, la dolomie composée de 27% de CaO et de 19% de MgO.

## 2- Les traitements appliqués

Les traitements principaux sont décrits dans le tableau 5

Tableau 5 : Description des traitements principaux

Rotations	Traitements	Année1	Année2	Année3
R0	T1	sorgho	sorgho	sorgho
R1	T2	sorgho	coton	arachide
	T3	coton	arachide	sorgho
	T4	arachide	Sorgho	coton
R2	T5	cotonnier	cotonnier	cotonnier

Les traitements secondaires correspondent aux types de fumure appliquée. Le tableau 6 montre les types de fumure et les doses apportées selon la culture.

Tableau 6 : Doses de fumure apportées suivant la culture

Sous traitements	fumures	Doses de fumures (kg / ha)	
		sorgho	coton
Fo	Témoin absolu (Fo)	0	0
FM+D	NPKSB (14-23-14-6-1)	100	150
	Urée	50	50
	TSP	4,2	1
	Dolomie	1000	1000
FM+R	NPKSB (14-23-14-6-1)	5000	5000
	Urée	100	150
	TSP	50	50
	Résidus de récolte	4,2	1
FM+C	Compost	5000	5000
	TSP	53	74,5
	KCl	23	35
FM+f	Fumier	5000	5000
	TSP	53	74,5
	KCl	23	35

## 3- Epannage des fumures et entretien

Les fumures de fond (NPKSB et TSP) sont épanchées avant les semis. La fumure de couverture (urée) est apportée 30 jours après les semis.

Les amendements organiques (fumier) sont appliqués à des doses de 5t/ha de poids sec.

La quantité de résidus apportés à chaque parcelle correspond en moyenne à la quantité de biomasse produite par la culture précédente.

Le désherbage manuel, le sarclage, le binage, le buttage et le démariage constituent les principales opérations d'entretien.

#### **4- Paramètres mesurés**

Les variétés des cultures utilisées sont la FK290 pour le coton, la RMP91 pour l'arachide, et le *gnofing* pour le sorgho. Plusieurs paramètres sont mesurés. Notre intérêt ne portera cependant que sur l'exploitation des données de rendements culturaux. Il s'agit :

- des rendements du sorgho en culture continue,
- des rendements du sorgho dans le système de rotation sorgho-coton-archide
- des rendements du coton en culture continue,
- des rendements du coton dans le système de rotation sorgho-coton-archide.

## **II- L'APPROCHE METHODOLOGIQUE EN MILIEU RURAL**

### **1- Approche cartographique de l'occupation des terres**

L'objectif principal de l'approche cartographique est d'appréhender l'évolution des ressources naturelles (sols et végétation) du terroir de Bala sous l'influence des systèmes de culture, et de la culture du coton en particulier.

### **2- Méthodologie générale**

Pour appréhender l'évolution des ressources en sol et en végétation, nous avons procédé à une analyse cartographique multitemporelle des étapes de l'occupation des terres à partir des photographies aériennes classiques au 1/50000<sup>ème</sup>.

La méthodologie générale utilisée pour réaliser l'analyse spatiale se segmente en 7 étapes:

#### **2.1- Choix des périodes**

Trois périodes successives ont été retenues suivant l'introduction de la culture du coton dans le système traditionnelle de production :

- les années 1950 qui correspondent à la période avant l'introduction de la culture du coton,
- les années 1980 correspondant à la période où la culture du coton est en plein développement,
- les années 1990 correspondant à l'époque actuelle où le coton est cultivé à grande échelle.

Trois dates ont été choisies sur la base de cette chronologie suivant l'évolution de la culture du coton. Il s'agit de 1952, 1981, et 1999.

#### **2.2- La reconnaissance terrain**

Elle correspond à la phase de collecte de données sur les différentes unités cartographiées. Cette phase a permis de faire une ébauche de la légende des cartes.

### **2.3- La photo-interprétation**

C'est la phase d'identification et de détermination des éléments thématiques sur la base des critères qui sont principalement : la structure, la texture, la tonalité et la forme des unités d'occupation de l'espace.

### **2.4- Le choix des unités d'occupation du terroir**

Les unités d'occupation du terroir qui ont été cartographiées sont les suivantes:

- le domaine agricole composé des champs et des jachères ;
- les savanes naturelles (il s'agit de la savane arborée, la savane arbustive et la savane arbustive sur cuirasse) ;
- la forêt galerie et les formations ripicoles ;
- le réseau hydrographique constitué par les cours d'eau ;
- l'habitat (représenté par le site du village).

Les analyses ont porté essentiellement sur l'évolution du domaine agricole et des formations forestières.

### **2.5- Numérisation et habillage des cartes**

Le traitement numérique des cartes a été effectué à l'aide du logiciel SIG ATLAS GIS (version Windows et DOS). Les bases de données portant sur les superficies des unités d'occupation ont été récupérées et traitées sur le logiciel EXCEL.

### **2.6- Vérification et finalisation des cartes**

Pour cette phase, les cartes provisoires sont vérifiées sur le terrain et sur le plan thématique et spatial.

### **2.7- Caractérisation des changements intervenus**

Elle consiste à utiliser les cartes d'occupation de l'espace pour faire l'état des unités cartographiées à chaque date. Une analyse verticale par superposition des trois cartes a permis de déceler les changements intervenus, tandis que les statistiques sur les superficies de ces unités permettent d'appréhender l'évolution de leur taux d'occupation.

### III- LA COLLECTE DES DONNEES SUR LES EXPLOITATIONS

#### A- METHODES

##### 1- Choix de l'échantillon d'exploitations

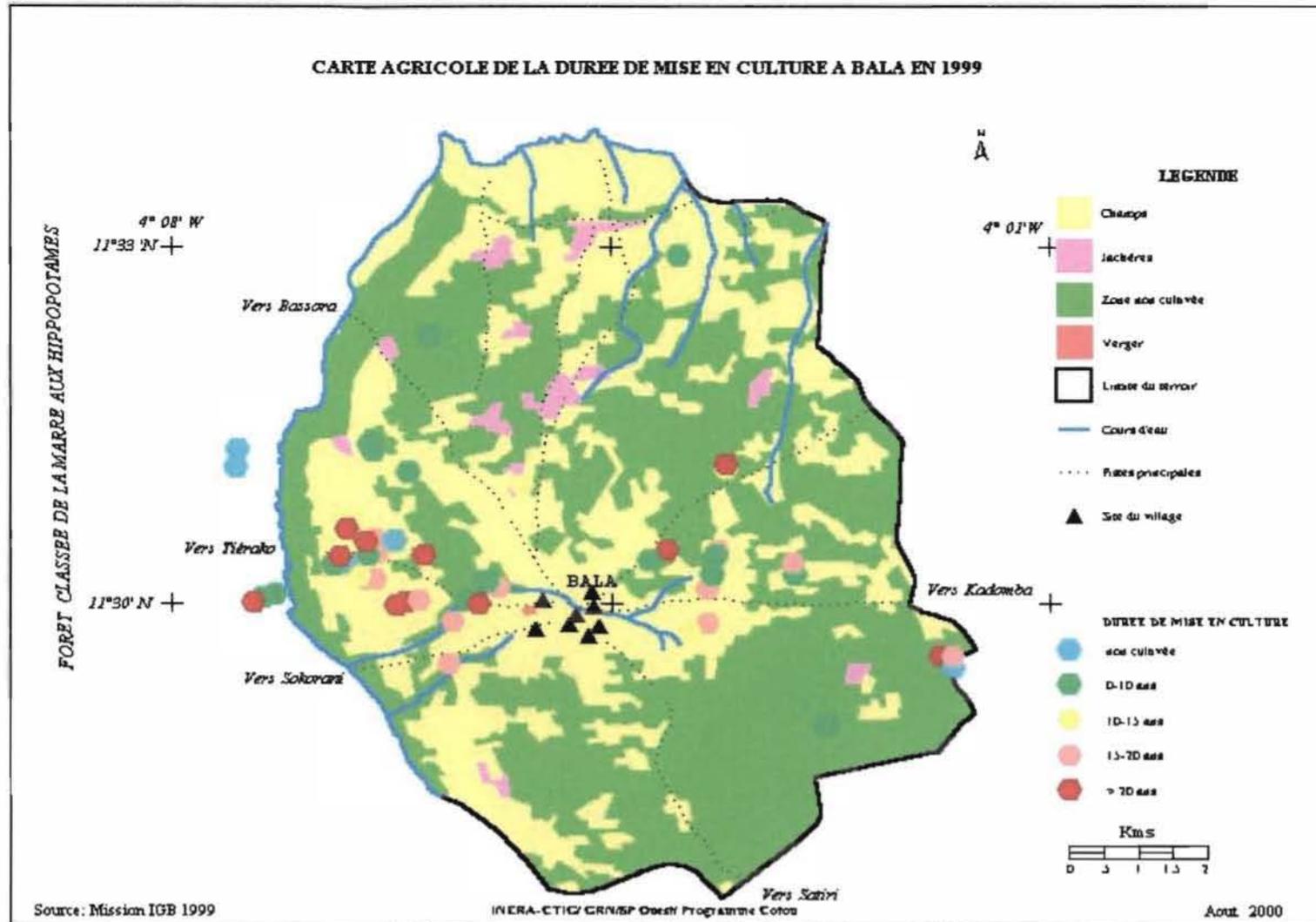
Au total, vingt-cinq (25) exploitations ont été sélectionnées sur la base du niveau d'équipement des producteurs et la durée de mise en culture des parcelles. Quatre classes de niveau d'équipement (manuel, petit attelage, grand attelage, motorisé) et quatre classes de durée de mise en culture (< 10 ans, 10 à 15 ans, 15 à 20 ans et > 20 ans) ont été retenues. Le Tableau 7 indique le nombre d'exploitations retenues par niveau d'équipement.

Tableau 7 : Nombre d'exploitations retenues en fonction du niveau d'équipement

Niveau d'équipement	Manuel	Petite attelage	Gros attelage	Motorisé
nombre d'exploitations	7	7	8	3

La distribution spatiale de la durée de mise des parcelles est indiquée sur la carte n°1.

Carte n°1: Distribution spatiale des parcelles suivant la durée de mise en culture



## **2- Enquêtes sur les pratiques culturelles**

Les informations sur les pratiques culturelles ont été recueillies au cours de plusieurs séances d'entretiens individuels. Un questionnaire de type direct et/ou indirect a servi de support aux entretiens. Les questions ont porté sur le mode d'acquisition des terres de culture, le passé cultural des parcelles, le mode de défrichage et de gestion de l'arbre, la taille des exploitations, la pratique de fertilisation et l'usage de la jachère.

## **3- Inventaires floristiques de la végétation ligneuse**

### **3.1- Choix de la parcelle de référence**

L'évaluation de l'impact de la culture cotonnière sur la végétation ligneuse et sur les sols nécessite l'existence d'un domaine forestier à végétation climacique, pour servir de témoin. Les réserves de la Biosphère constituent les principaux types d'écosystèmes mondiaux qui doivent servir de référence pour mesurer l'impact de l'Homme sur son environnement (UNESCO, 1987 citée par TAITA, 1997). Ceci justifie le choix de la Forêt Classée de la Mare aux Hippopotames comme unité de référence dans cette étude. Ce domaine forestier est exempté des activités agricoles depuis le 26 mars 1937, date de son classement officiel comme domaine de l'Etat (TAITA, 1997 ; GRN/SP, 1998).

### **3.2- Dispositif d'échantillonnage de l'inventaire floristique**

L'inventaire de la végétation ligneuse par échantillonnage stratifié a été adopté pour rendre compte de la variabilité du peuplement forestier et de certains paramètres de caractérisation du substrat sol (le taux de matière organique, la granulométrie et le pH). Cette méthode offre la possibilité de faire varier la taille et le nombre de placeaux suivant la densité et l'homogénéité du peuplement (cours d'inventaire forestier). Trois types de strates ont été retenus. Il s'agit de la végétation ligneuse des champs, des jachères et de celle de la forêt classée de la Mare aux Hippopotames.

Dans l'étude du peuplement ligneux des champs, nous avons distingué :

- *des unités primaires de sondage*. Il s'agit des sous-strates définies suivant le niveau d'équipement
- *des unités secondaires de sondage*. Qui sont des essences ligneuses présentes sur les parcelles définies suivant leur durée de mise en culture et le niveau d'équipement du producteur.

Qu'il s'agisse de formations naturelles ou de champs, l'unité de sondage direct des essences ligneuses est le placeau. L'étude de la végétation et de la fertilité des sols consiste à apprécier l'évolution de ces ressources naturelles aussi bien en fonction du niveau d'équipement que suivant la durée de mise en culture. Le tableau 8 indique la distribution des placeaux en fonction du niveau d'équipement des exploitations et de la durée de mise en culture des parcelles.

Tableau 8 : Distribution des placeaux selon le niveau d'équipement et la durée de mise en culture

Durée de mise en culture	Niveau d'équipement			
	Manuel	Petit attelage	Gros attelage	Motorisé
Moins de 10 ans	3	5	5	3
10 à 15 ans	3	5	5	3
15 à 20 ans	3	5	5	3
Plus de 20 ans	3	5	5	3
total	12	20	20	12

### 3.2.1- La forme des placeaux

Pour de nombreux auteurs (GANABA, 1990 ; NIKIEMA, 1991 ; TAITA, 1997 ), les placeaux de l'inventaire forestier peuvent être de formes géométriques isotropes (carrée, circulaire) ou anisotrope (rectangulaire, losangique, elliptique). La forme carrée a été adoptée au cours de nos travaux. Toutefois, les formes géométriques de certains champs ont quelquefois imposé l'utilisation de la forme rectangulaire.

### 3.2.2- Taille et installation de placeau

La taille et la forme du placeau influencent le coût et la précision des informations recherchées. Le placeau doit contenir un nombre suffisant d'essences à mesurer. Ce nombre varie suivant les auteurs. La taille et le nombre d'arbre par placeau dépendent de l'homogénéité du massif à étudier. Toutefois, le placeau installé ne doit pas présenter un vide anormal. Pour éviter ce vide anormal, nous avons opté d'utiliser des placeaux de 2500 m<sup>2</sup> dans les formations naturelles et sur des placeaux de 10 000 m<sup>2</sup> dans les champs.

Un certain nombre d'ouvrages ont été consultés pour la détermination des noms scientifiques des espèces et pour la caractérisation du degré de couverture des essences. Il s'agit de : "La Flore du Sénégal" de BERAUT, (1967) ; "Vade Mecum pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu" de EMBERGER, (1983) ; "Les Arbres de brousse au Burkina Faso" de TIQUET, (1985) ; "Arbres et arbustes du Sahel" de VON MAYDELL, (1983) ; "Flora Of West Tropical Africa de HUTCHINSON et DALZIEL", (1958).

## 4- Prélèvements de sols

Des prélèvements de sols ont été effectués par placeau étudié à l'aide d'une tarière. Pour minimiser les biais d'ordre topographique, trois prélèvements ont été effectués suivant une diagonale du placeau. Deux horizons de sol ont été prélevés (0-20 cm et 20-40 cm). Pour chaque placeau, les

échantillons de l'horizon 0-20cm sont mélangées pour constituer un échantillon moyen. Un autre échantillon moyen a également été constitué à partir des échantillons de l'horizon 20-40cm. Les échantillons moyens de sol ainsi obtenus sont conservés pour les analyses de laboratoire.

## **B- PARAMETRES MESURES**

### **1- Inventaires floristiques**

Dans les formations naturelles, une circonférence de précomptage a été fixée à 20 cm. Seuls les individus dont la circonférence est supérieure ou égale à 20 cm ont fait l'objet de mensuration. Les essences ne répondant pas à ce critère ont été considérées comme faisant partie de la régénération de la végétation ligneuse.

#### **1.1- Circonférences du tronc**

Les circonférences des fûts ont été mesurées. Les mesures ont été effectuées à une hauteur de 1,30 m au-dessus du sol.

#### **1.2- Hauteurs des essences**

Les hauteurs des essences ayant une circonférence supérieure ou égale à 20 cm ont été mesurées à l'aide d'une perche graduée de 13,62 m.

#### **1.3- Diamètres des houppiers**

Les diamètres de houppiers ont été mesurés par une méthode indirecte : Les dimensions enregistrées sont celles de la projection verticale des diamètres du houppier réel sur le sol suivant les directions Est-Ouest et Nord-Sud.

Ces paramètres dendrométriques constituent des éléments de détermination de la structure, de la densité et du taux de recouvrement végétal des formations étudiées.

## **2- Etude de la fertilité des sols**

### **2.1- Les analyses de sols**

Les échantillons de sols prélevés ont été séchés à température ambiante, broyés et tamisés à 2 mm. Les analyses ont porté sur les paramètres suivants : le pH (eau et KCl), le carbone total et matière organique, l'azote total, le phosphore total, le potassium total et de granulométrie.

### **2.2- Mesure de pH eau**

Les mesures de pH<sub>eau</sub> ont été effectuées suivant la méthode électro-ionique à partir d'un pH-mètre (Microprocessor pH / ion Meter PMX 3 000 WTW) à électrode en verre et muni d'un écran de lecture. La solution de sol utilisée a été préparée dans un rapport pondéral terre/ eau égale à 20 /50 soit 20g de terre dans 50ml d'eau distillée.

Après une agitation d'une heure suivie d'un repos de 15 minutes, on plonge l'électrode reliée au pH-mètre dans la solution de sol. La valeur correspondant au pH<sub>eau</sub> de la prise d'essai s'affiche directement sur l'écran du pH-mètre.

### **2.3- Carbone total et matière organique**

Le carbone total du sol est dosé par la méthode de WALKLEY et BLACK. Le principe de dosage repose sur la propriété du bichromate de potassium à oxyder le carbone de la matière organique du sol.

Les prises d'essais ont été préparées à partir de 10ml de bichromate de potassium ( $K_2Cr_2O_7$ ), 20ml d'acide sulfurique concentré et d'une certaine quantité de sol. On laisse agir ce mélange pendant 30 minutes avant de le compléter à 100ml avec de l'eau distillée et 3 gouttes d'indicateur de carbone (phénylamine).

La quantité de bichromate de potassium réduite dans le processus d'oxydoréduction étant proportionnelle à la teneur du sol en carbone total, celle-ci s'obtient par un dosage retour de l'excès de bichromate de potassium au sel de Mohr (de normalité 0,5N).

Le pourcentage de carbone dans le sol est donné par la formule suivante :

$$\% C = (V1-V2) \times (N \times 0,3 \times 1,33) / P$$

Dans cette formule :

V1 = volume du sel de Mohr utilisé pour le blanc (solution témoin);

V2 = volume du sel de Mohr utilisé pour l'oxydation du carbone total de l'échantillon de sol ;

N = normalité du sel de Mohr ;

P = prise d'essai.

Le taux de matière organique du sol est obtenu en multipliant le pourcentage de carbone total par une constante d'une valeur égale à 1,72.

#### **2.4- L'azote total**

La méthode utilisée est celle de KJEDAHN. Cette méthode consiste en une minéralisation de l'azote organique du sol en azote ammoniacal par des attaques à l'acide sulfurique concentré bouillant en présence d'un catalyseur au sélénium-cuivre ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4 + \text{Se}$ ). Le dosage de l'azote se fait à l'auto-analyseur.

#### **2.5- Le phosphore total**

Les échantillons du sol sont minéralisés par la méthode de DABIN. Elle consiste en une attaque de l'échantillon par de l'acide perchlorique (60%) à chaud. Le dosage du phosphore total se fait par colorimétrie automatique.

#### **2.6- Le potassium total**

L'échantillon du sol est soumis à une minéralisation par des attaques à l'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) concentré bouillant en présence d'un catalyseur sélénium-cuivre ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{Se}$ ). Le potassium est ensuite déterminé par spectrométrie à flamme.

#### **2.7- La granulométrie**

Le réactif utilisé est composé de Marton1 et de Marton2 en poudre. La solution a été préparée en apportant 5 ml du Marton1 et 17 ml du Marton2 dans 1000 ml d'eau distillée. Cette solution est homogénéisée par agitation.

La prise d'essai se prépare dans un rapport pondéral de 50 /100 soit 50 ml de sol broyé pour 100 ml de solution de Marton. Après une agitation de 15 minutes, cette prise d'essai est laissée au repos pendant 24 heures. Les mesures sont effectuées à l'aide d'un thermomètre et d'un hydromètre. Deux lectures ont été effectuées : La première après 4 minutes et la seconde après 2 heures.

L'indice de structure correspond au quotient du pourcentage de limon sur le pourcentage d'argile.

## CHAPITRE 2: RESULTATS ET DISCUSSIONS

### I- RESULTATS SUR L'ESSAI DE LONGUE DUREE

#### 1- Influence des pratiques culturales sur les rendements des cultures

##### 1.1-Influence de la rotation sur l'évolution des rendements grains du sorgho

Les tableaux 9 et 10 présentent les rendements grains de sorgho respectivement en culture continue et en rotation avec le cotonnier et l'arachide sous différents types de fumures.

Les figures 5 et 6 indiquent l'évolution de ces rendements grains de sorgho au cours des années.

Tableau 9 : Rendements grains du sorgho en culture continue (kg/ha)

Année	Fumure					
	Fo	FM	FM+D	FM+R	FM+C	FM+f
1993	1578	1683	2199	2909	1624	1724
1994	644	846	1419	1618	1464	1911
1995	673	1002	1380	1293	1289	1671
1996	382	584	1132	976	780	1069
1997	183	200	358	435	235	368
1998	21	166	409	126	102	143
1999	24	236	510	278	159	262

Les valeurs représentent les moyennes de 4 mesures.

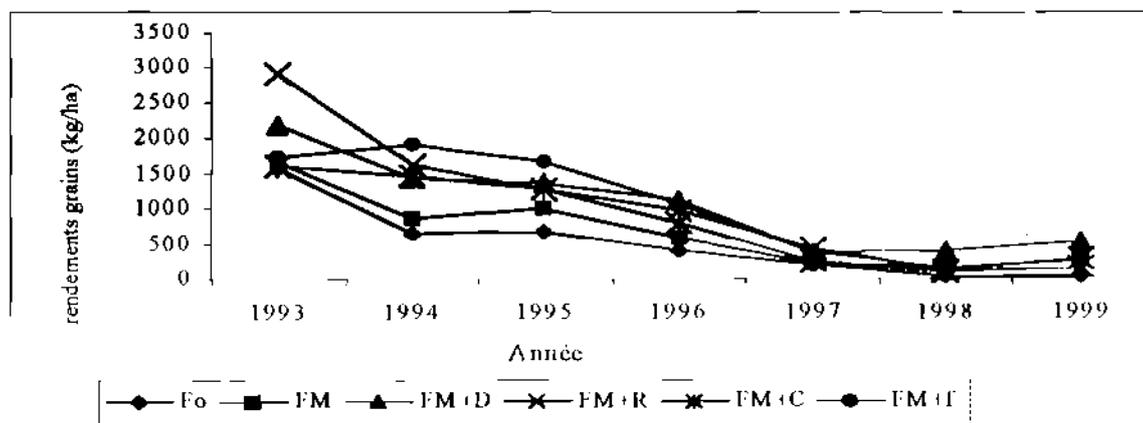


Figure 5: Evolution des rendements grains de sorgho en culture continue

Fo – Traitement secondaire sans fumure (témoin absolu)

FM = Fumure Minérale vulgarisée (NPKSB)

FM+D = Fumure Minérale + Dolomite

FM+R = Fumure Minérale + Résidus de récolte

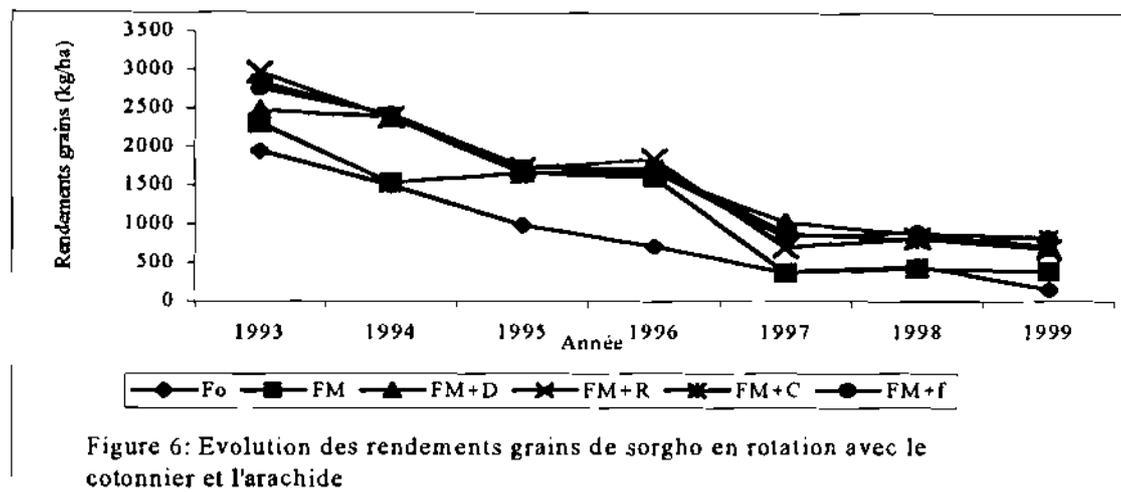
FM+C = Fumure Minérale (TSP+KCl) + Compost

FM+f = Fumure Minérale (TSP+KCl) + fumier

Tableau 10 : Rendements grains du sorgho dans la rotation (kg/ha)

Année	Fumure					
	Fo	FM	FM+D	FM+R	FM+C	FM+f
1993	1946	2304	2474	2966	2830	2758
1994	1504	1536	2391	2379	2414	2431
1995	994	1663	1660	1732	1738	1748
1996	716	1605	1657	1839	1729	1679
1997	375	370	1027	703	890	841
1998	454	425	870	811	792	892
1999	155	389	708	675	827	833

Les valeurs représentent les moyennes de 4 mesures.



Fo = Traitement secondaire sans fumure (témoin absolu)

FM = Fumure Minérale vulgarisée (NPKSB)

FM+D = Fumure Minérale + Dolomie

FM+R = Fumure Minérale + Résidus de récolte

FM+C = Fumure Minérale (TSP+KCl) + Compost

FM+f = Fumure Minérale (TSP+KCl) + fumier

Une comparaison entre les tableaux 9 et 10 montrent que les rendements du sorgho en rotation sont nettement supérieurs à ceux du sorgho en culture continue. Ces rendements varient de 24 kg/ha à 2909kg/ha pour le sorgho en culture continue et de 155 kg/ha à 2966 kg/ha pour le sorgho dans la rotation. On constate que la seule mise en rotation du sorgho avec le cotonnier et l'arachide permet d'obtenir un gain moyen de 450kg/ha.

Malgré ces effets positifs enregistrés, on constate que la rotation n'empêche pas une baisse des rendements du sorgho au cours des années. En effet, on peut constater une baisse générale des rendements du sorgho aussi bien en culture continue que dans la rotation. Cette baisse généralisée des rendements est parfaitement illustrée par les figures 5 et 6. On remarque que la chute des rendements au cours des années est particulièrement accentuée pour les rendements du sorgho en culture continue par rapport à celle du sorgho dans la rotation.

### 1.2- Influence de la rotation sur l'évolution des rendements en coton graine

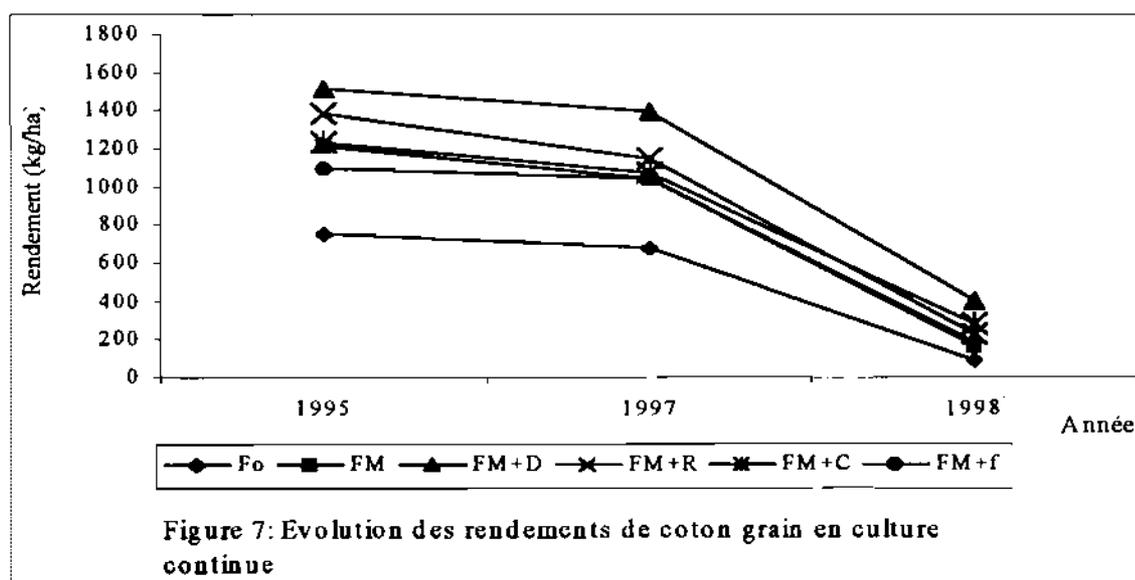
Les tableaux 11 et 12 présentent les rendements du coton respectivement en culture continue et en rotation avec le sorgho et l'arachide sous différents types de fumures.

Les figures 7 et 8 montrent l'évolution de ces rendements au cours des années.

Tableau 11: Rendements de coton grain en culture continue (kg/ha)

Année	Fumure					
	Fo	FM	FM+D	FM+R	FM+C	FM+f
1995	751	1214	1507	1387	1233	1097
1997	671	1043	1388	1151	1067	1038
1998	82	157	393	225	275	186

Les valeurs représentent les moyennes de 4 mesures



Fo = Traitement secondaire sans fumure (témoin absolu)

FM = Fumure Minérale vulgarisée (NPKSB)

FM+D = Fumure Minérale + Dolomie

FM+R = Fumure Minérale + Résidus de récolte

FM+C = Fumure Minérale (TSP+KCl) + Compost

FM+f = Fumure Minérale (TSP+KCl) + fumier

Tableau 12: Rendements du coton en rotation (kg/ha)

Année	Fumure utilisée					
	Fo	FM	FM+D	FM+R	FM+C	FM+f
1995	963	801	1677	1521	1371	1469
1996	689	1302	1341	1277	1075	1444
1997	736	1189	1399	1277	1101	1263
1998	118	165	478	287	310	297

Les valeurs représentent les moyennes de 4 mesures

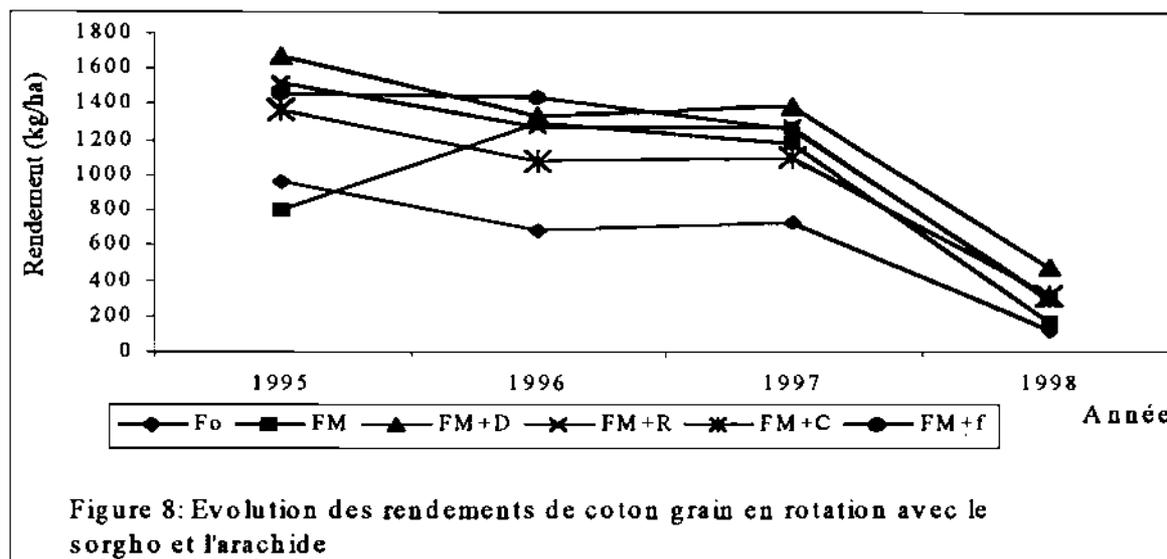


Figure 8: Evolution des rendements de coton grain en rotation avec le sorgho et l'arachide

Fo = Traitement secondaire sans fumure (témoin absolu)

FM = Fumure Minérale vulgarisée (NPKSB)

FM+D = Fumure Minérale + Dolomie

FM+R = Fumure Minérale + Résidus de récolte

FM+C = Fumure Minérale (TSP+KCl) + Compost

FM+f = Fumure Minérale (TSP+KCl) + fumier

Les rendements en coton graine varient de 82 kg/ha à 1507 kg/ha sous culture continue et de 118 kg/ha à 1877 kg/ha sous culture en rotation avec le sorgho et l'arachide. On constate que les rendements en coton graine sous rotation sont nettement plus élevés que ceux obtenus sous culture continue. La mise en rotation permet une amélioration des rendements en coton graine avec un gain moyen de 155 kg/ha.

Malgré cet effet bénéfique, on constate une diminution de la productivité des sols au cours des années. L'observation des tableaux 11 et 12 montrent une régression considérable des rendements aussi bien sous culture continue que sous rotation malgré l'apport de fumures. Les figures 7 et 8 illustrent cette régression des rendements au cours de la durée d'exploitation. L'examen de ces figures révèle que la chute des rendements est beaucoup plus prononcée sous culture continue que dans la rotation.

## Discussions

Les résultats obtenus montrent que la seule mise en rotation permet une amélioration considérablement des rendements culturaux. Des observations similaires ont été rapportées par d'autres auteurs. Sur une longue durée de mise en culture, LAGIERE (1966) rapporte que le cotonnier ne donne de meilleurs rendements que lorsqu'il est inclus dans une rotation. En effet, la biomasse racinaire des cultures constitue un stock considérable de matière organique dont la minéralisation libère dans le sol les éléments minéraux dont les plantes ont besoin. Le cotonnier est de système racinaire pivotant alors que les céréales (le sorgho) sont de système racinaire fasciculé. Selon LAGIERE (1966), la succession de ces cultures de systèmes racinaires différents permet une meilleure exploitation des substances minérales à différentes profondeurs du sol. Cet avantage lié à la présence du cotonnier et du sorgho explique en partie, le fait que les rendements obtenus sous rotation soient nettement supérieurs à ceux obtenus sous culture continue.

La présence des légumineuses (arachide) au sein de la rotation constitue l'un des avantages considérables de la pratique de la rotation. En effet les légumineuses contribuent à améliorer le bilan azoté des sols par la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique. Cette contribution des légumineuses au maintien du stock azoté du sol a été évoquée par LAGIERE (1966) et PARRY (1982). On peut donc penser que la présence de l'arachide dans notre système de rotation améliore la teneur de nos sols en azote et explique également la réduction de la baisse des rendements par rapport à la culture continue. Pour LAGIERE (1966) ; PARRY (1982) ; KOMBO (1999) et EDZANG MBA (1999), la pratique de la rotation constitue un moyen de lutte contre les mauvaises herbes telle que *Striga hermontheca*. Tous ces effets positifs montrent clairement les avantages de la rotation par rapport à la culture continue.

Les résultats obtenus montrent par ailleurs, une baisse importante des rendements culturaux au cours de la durée de mise en culture malgré la pratique de la rotation. Les effets dépressifs de la durée de mise en culture ont été évoqués par certains auteurs. Pour SOME (1996) la chute des rendements culturaux peut s'expliquer par la dégradation des caractéristiques physico-chimiques des sols. KOMBO (1999) et EDZANG MBA (1999) ont analysé les sols du site de cet essai de longue durée. Les résultats révèlent une relative pauvreté de ces sols en matière organique, en éléments nutritifs et une légère tendance à l'acidification. Les rendements d'une culture étant fortement influencés par la disponibilité quantitative et qualitative des éléments nutritifs, on peut conclure avec ces auteurs que la baisse des rendements dans le temps est attribuable à la baisse de la matière organique, principale réserve en éléments nutritifs des plantes. Ceci est en accord avec BERGER (1996) pour qui la baisse de la matière organique est l'une des causes fondamentales de la dégradation de la productivité des terres de culture dans les régions tropicales de l'Afrique de

l'Ouest. Malgré ses avantages, la mise en rotation des cultures ne parvient pas à empêcher la baisse des rendements culturaux à cause de ces nombreux facteurs limitants.

## 2- Influence des fumures sur les rendements des cultures

### 2.1- Effets des fumures sur les rendements grains de sorgho

La figure 9 montre l'influence des fumures sur les rendements grains de sorgho en culture continue et en rotation.

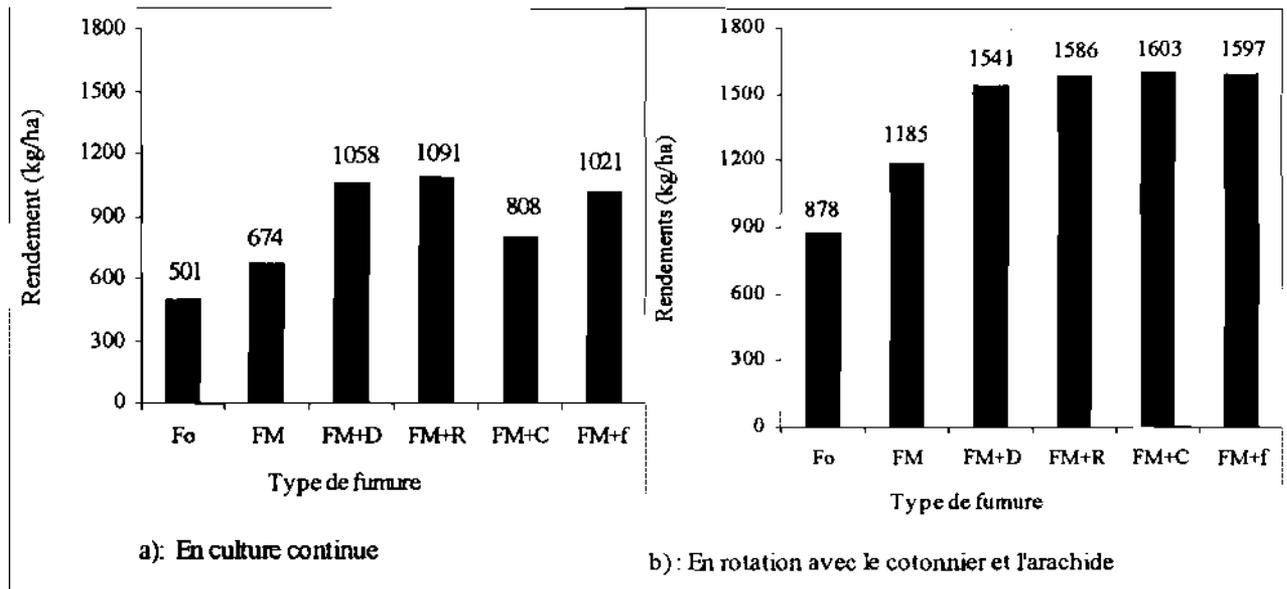


Figure 9 : Effet des fumures sur les rendements grains de sorgho

Fo = Traitement secondaire sans fumure (témoin absolu)

FM = Fumure Minérale vulgarisée (NPKSB)

FM+D = Fumure Minérale + Dolomie

FM+R = Fumure Minérale + Résidus de récolte

FM+C = Fumure Minérale (TSP+KCl) + Compost

FM+f = Fumure Minérale (TSP+KCl) + fumier

Les rendements varient suivant le type de fumure. Comparativement au témoin sans fumure (Fo), on constate que chaque fumure utilisée a entraîné une augmentation importante des rendements grains du sorgho. Les rendements obtenus sous culture en rotation (figure 9b) sont nettement plus élevés que les rendements enregistrés sous culture continue (figure 9a) avec un gain moyen estimé à 540 kg/ha. Ce qui met en évidence l'importance de la rotation (sorgho-cotonnier-arachide) pour une meilleure valorisation des fumures.

La figure 9 montre que les plus faibles rendements sont enregistrés sur les traitements témoins sans fumure (Fo) aussi bien en culture continue qu'en culture en rotation. En culture continue, les

meilleurs rendements sont obtenus respectivement avec la fumure associée aux résidus de récolte (FM+R) (1091 kg/ha), la fumure associée à la dolomie (FM+D) (1058 kg/ha) et la fumure minérale combinée au fumier (FM+f) (1021 kg/ha). Ces fumures entraînent respectivement des augmentations de 118%, 111%, 104% par rapport au traitement témoin Fo. Sous culture en rotation, les meilleurs rendements sont obtenus avec la fumure minérale combinée au compost FM+C (1603kg/ha) ; la fumure minérale combinée au fumier de parc FM+f (1597kg/ha) ; la fumure minérale associée aux résidus de récoltes FM+R (1586kg/ha) ; la fumure minérale combinée à la dolomie FM+D (1541 kg/ha) qui induisent respectivement des augmentations de 83%, 82%, 81%, et 76% par rapport au rendement induit par le traitement témoin (Fo) sous rotation. De toutes les fumures utilisées, les plus faibles rendements sont obtenus avec la fumure minérale vulgarisée (FM) soit 674kg/ha pour le sorgho en culture continue et 1185 kg/ha sous rotation. Ce qui correspond respectivement à des augmentations de 34% et de 35% par rapport aux rendements du traitement témoin.

De ce qui précède, on peut dire que les fumures minérales combinées à des amendements organiques et calco-magnésiens sont mieux indiquées pour l'amélioration des rendements grains de sorgho dans la rotation sorgho-cotonnier-arachide. Il s'agit par ordre d'importance de :

- la fumure minérale (TSP+KCl) combinée à du compost (FM+C) ;
- la fumure minérale (TSP+KCl) combinée à du fumier (FM+f) ;
- la fumure minérale associée aux résidus de récolte (FM+R) ;
- la fumure minérale combinée à la dolomie (FM+D).

## 2.2- Effets des fumures sur les rendements en coton grain

La figure 10 montrent l'effet du type de fumures sur les rendements du coton grain en culture continue et en rotation.

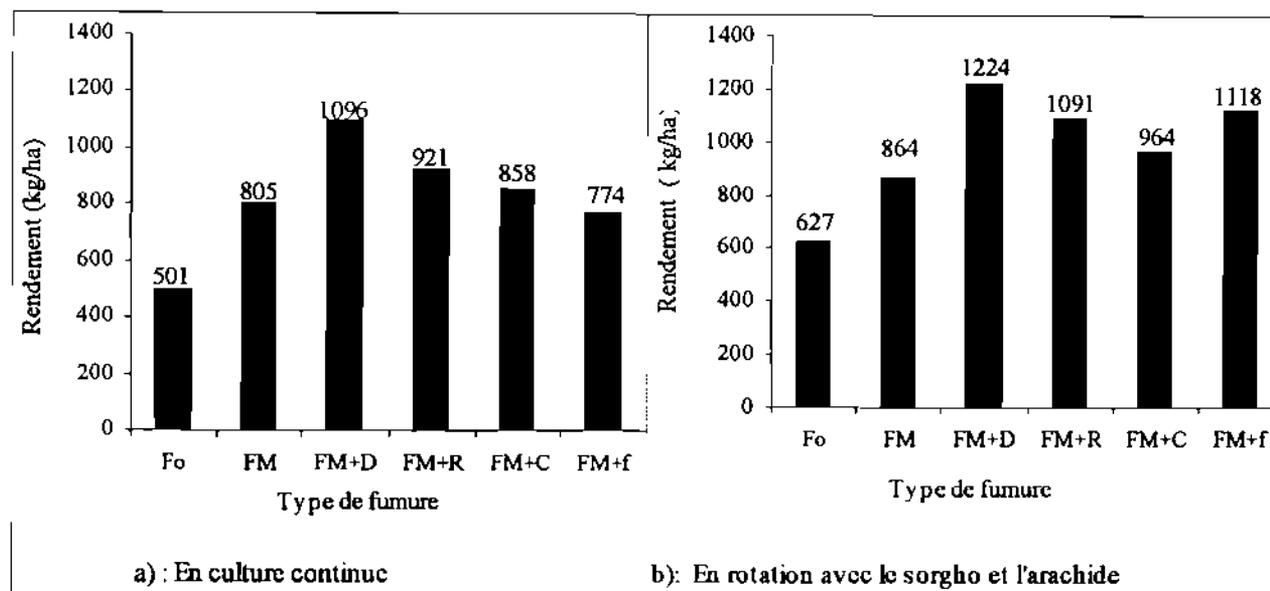


Figure 10 : Effets des fumures sur les rendements de coton grain.

Fo = Traitement secondaire sans fumure (témoin absolu)

FM = Fumure Minérale vulgarisée (NPKSB)

FM+D = Fumure Minérale + Dolomie

FM+R = Fumure Minérale + Résidus de récolte

FM+C = Fumure Minérale (TSP+KCl) + Compost

FM+f = Fumure Minérale (TSP+KCl) + fumier

En culture continue, le rendement le plus élevé (1096kg/ha) est obtenu avec la fumure minérale combinée à la dolomie (FM+D). La figure 10a montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les rendements obtenus avec les fumures minérales seules (FM), les fumures minérales associées aux résidus de récolte (FM+R), les fumures minérales combinées à du compost (FM+C), et avec les fumures minérales combinées au fumier de parc (FM+f).

La figure 10b montre qu'en rotation, le rendement le plus élevé (1224 kg/ha) est obtenu encore avec la fumure minérale associée à la dolomie (FM+D). De toutes les fumures utilisées, le plus faible rendement est obtenu avec la fumure minérale seule (FM)

Malgré l'apport de ces différentes fumures, on constate une chute des rendements au cours de la durée de mise en culture.

## Discussions

Selon BERGER (1996), les sols des savanes d'Afrique de l'Ouest sont caractérisés par une déficience naturelle en phosphore accentuée par de longues périodes de mise en culture, une acidité souvent prononcée. Ceci a été confirmé par les travaux de KOMBO (1999) et de EDZANG MBA (1999) qui ont analysé les sols du site de cet essai de longue durée. Cette déficience en phosphore constitue un facteur limitant à une meilleure productivité des sols comme le montrent les rendements obtenus sur les traitements témoins sans fumure (Fo). L'apport de la fumure minérale combinée au compost (FM+C) et au fumier (FM+f) permet de corriger la déficience en P et l'acidité des sols. Ce qui peut expliquer l'augmentation des rendements obtenus avec ces fumures. En effet, BERGER (1996) explique qu'après un contact prolongé avec le fumier ou le compost, les phosphates naturels tricalciques deviennent facilement assimilables et améliorent considérablement la nutrition des plantes en calcium et en phosphore. Cet auteur montre qu'une tonne de fumier moyen apporte au sol, 10 kg de N/ha, 3,5 kg de  $P_2O_5$ /ha, 15 kg de  $K_2O$ /ha, 7kg de  $MgO$ /ha et 8kg de  $CaO$ /ha. Cette fertilisation des sols à l'aide du fumier et du compost peut expliquer l'augmentation des rendements cultureux.

L'augmentation des rendements induite par les engrais minéraux associés aux résidus de récolte s'explique par le fait que la minéralisation de la matière organique des résidus apporte au sol, des éléments minéraux complémentaires. En effet, DAKOUO (1994) et BERGER (1996) montrent que la décomposition de la matière organique libère en plus des éléments N, P, K, S et B, le Mg et le CaO.

KOMBO (1999) évoque le mécanisme réactionnel de la dolomie décrit par SOLTNER (1976; 1978) pour expliquer les augmentations des rendements de culture sur sol amendés en dolomie. La dolomie apportée au sol se minéralise en libérant des ions  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  et des ions  $OH^-$ . L'augmentation de la concentration de ces ions autour du complexe entraîne la substitution des ions  $H^+$  par les cation  $Ca^{2+}$  et  $Mg^{2+}$  sur le complexe argilo-humique. Les ions  $H^+$  devenus libres s'associent aux ions  $OH^-$  libérés par la dissociation de la dolomie pour former de l'eau. Cette neutralisation des ions  $H^+$  qui se traduit par une réduction importante de l'acidification des sols peut expliquer l'amélioration des rendements sous l'effet d'un amendement par la dolomie.

Les résultats montrent que l'apport seul des fumures minérales (FM) ont induit les plus faibles rendements. Les effets dépressifs des engrais minéraux ont été évoqués par plusieurs auteurs. Pour POULAIN (1976), l'application répétée et excessive des engrais minéraux entraîne à moyen terme, une dégradation du potentiel de fertilité des sols. DAKOUO (1991; 1994) constate que les engrais

minéraux vulgarisés sont très acidifiants. Il note que l'acidification des sols sous cultures est susceptible d'induire des problèmes difficilement réversibles. Cette acidification des sols pourrait justifier le fait que, les fumures minérales seules (FM) ont induit des rendements plus faibles par rapport aux autres fumures. Ce qui permet de conclure avec POULAIN (1976) que l'application des engrais minéraux seuls ne peut donner satisfaction qu'à très court terme.

La baisse générale des rendements au cours des années peut être attribuée aux effets dépressifs de la durée d'exploitation des sols. Selon SEGDA (1995), la mise en culture entraîne une diminution considérable du stock organique des sols avec apparition de phénomènes de dégradation. L'évolution de la matière organique régit celle des caractéristiques chimiques et physiques du sol. Ce qui peut expliquer la chute généralisée des rendements malgré les efforts de restitution.

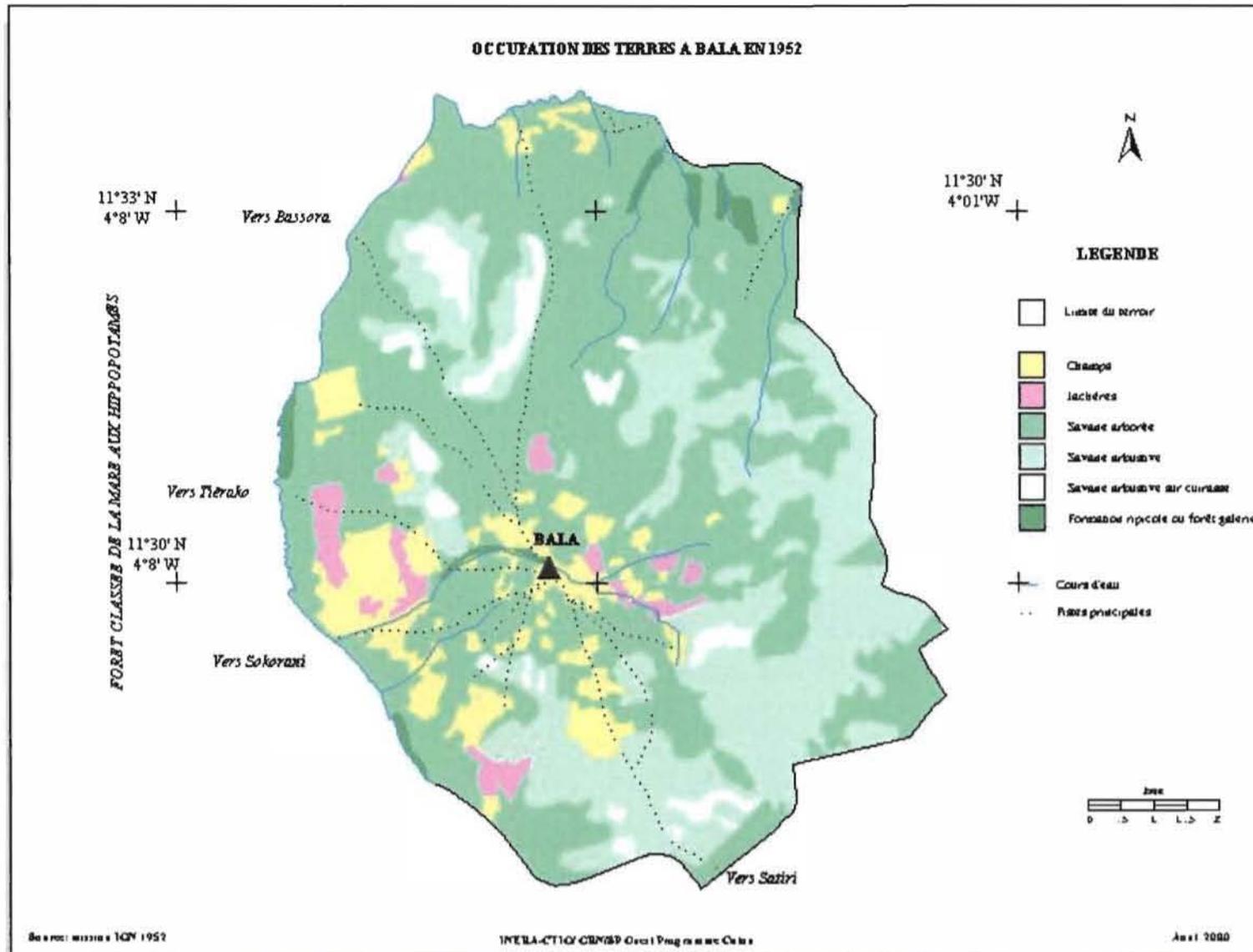
## CONCLUSION

L'évolution des rendements obtenus sur cet essai de longue durée dépend des caractéristiques physico-chimiques des sols et surtout des pratiques culturales appliquées. La combinaison du système de rotation sorgho-cotonnier-arachide avec les fumures minérales associées à des amendements organiques ou calco-magnésiens permet de maintenir des rendements sorgho grains et coton grains plus élevés sur une durée de mise en culture relativement longue. La fumure minérale vulgarisée procure de très faibles rendements culturaux. Le choix de la fumure doit tenir compte du type de culture, des caractéristiques physico-chimiques des sols, des avantages et des inconvénients encourus sur l'évolution du potentiel de fertilité des sols à long terme. Il existe cependant, des limites indéniables. Toute mise en culture entraîne systématiquement une dégradation progressive des caractéristiques physico-chimiques des sols de sorte qu'il est très difficile de retrouver le niveau de fertilité originelle des sols par des fertilisations artificielles. Indépendamment donc du type de plante cultivée, la mise en culture constitue en elle même, un facteur de dégradation des caractéristiques physico-chimiques des sols. Plus que le type de culture, il nous semble que le maintien de la fertilité des sols dépend surtout des pratiques culturales appliquées.

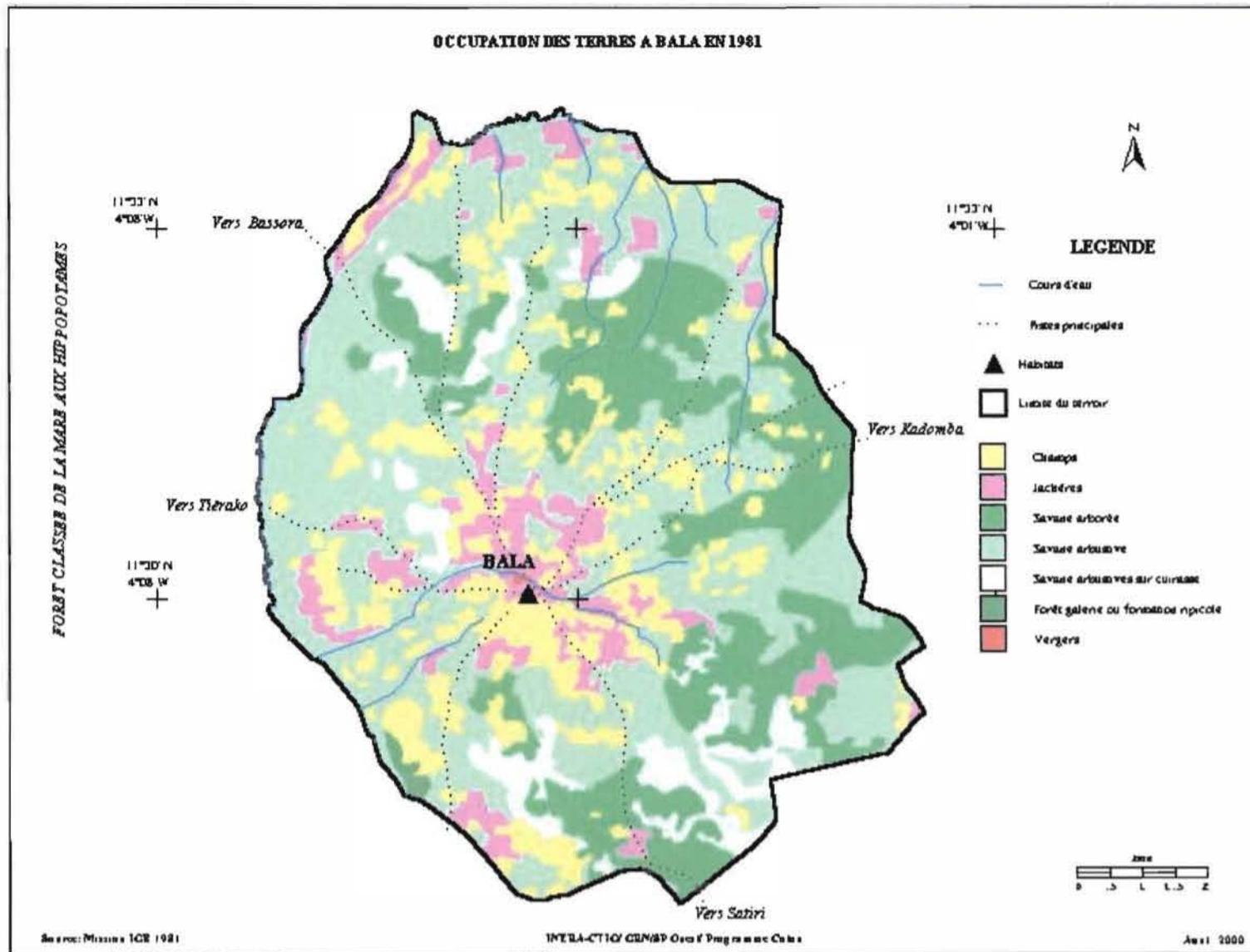
## II- ANALYSES DES DONNEES CARTOGRAPHIQUES

L'approche cartographique a permis de réaliser trois cartes d'occupation spatiale du terroir de Bala. Ces cartes illustrent l'évolution des ressources naturelles sous l'emprise d'un système de culture essentiellement basé la production de coton. Les cartes n°1, n°2 et n°3 présentent la situation des ressources naturelles respectivement en 1952, 1981 et en 1999. Une analyse diachronique de ces trois cartes permet d'apprécier les principaux changements intervenus entre les périodes 1952-1981, 1981-1999 et 1952-1999.

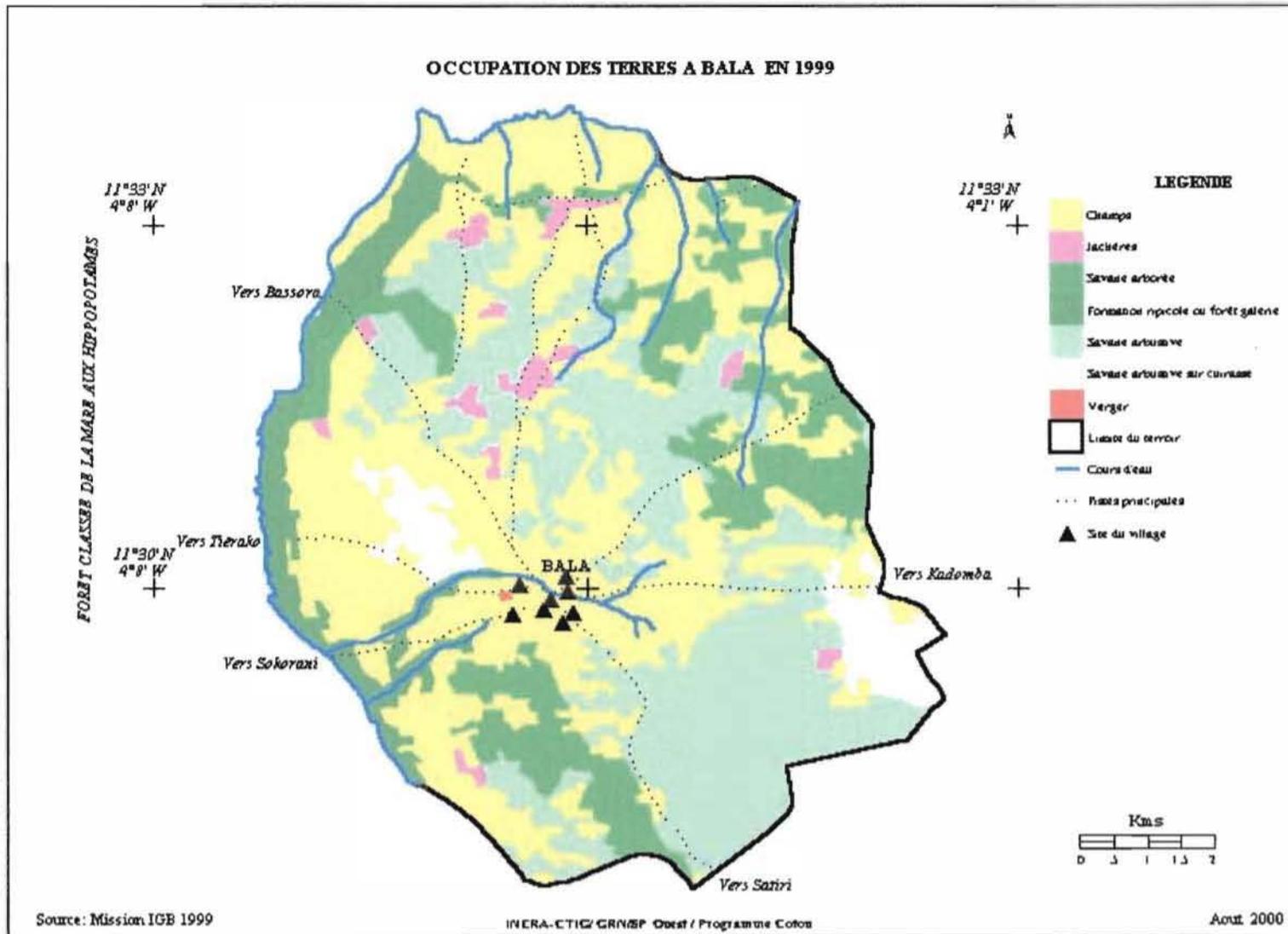
Carte n°2: Etat de l'occupation du terroir en 1952



Carte n°3: Etat de l'occupation du terroir en 1981



Carte n°4: Etat de l'occupation du terroir en 1999



## 1- Caractérisation des changements intervenus

### 1.1- Etat de l'occupation du terroir en 1952

La carte n°2 présente la distribution spatiale des unités d'occupation du terroir d'étude en 1952. L'analyse de cette carte fait ressortir un certain nombre d'éléments.

Les champs sont très faiblement représentés (9,1% de la superficie du terroir). Ils apparaissent sous la forme d'îlots de parcelles plus ou moins contigus, essentiellement au nord et aux alentours du village.

Les jachères apparaissent sous forme de petites plages aux voisinages des champs. Elles n'occupent que 2,6% de la superficie du terroir.

Le village se présente sous forme d'une petite grappe d'habitats. Les voies de communication sont constituées de pistes principales qui desservent les terroirs voisins et les aires de culture.

Les savanes arborées et arbustives couvrent environ 76,1% de la superficie du terroir dont 52,6% sont occupées par la savane arborée et 23,5% par la savane arbustive. Ceci montre l'abondance de ce terroir en ressources ligneuses et en disponibilité de terres cultivables à cette époque.

Les forêts galeries apparaissent spécifiquement autour des principaux cours d'eau. Elles constituent l'une des formations arborées denses et occupent 8,5% du terroir.

### 1.2- Evolution de l'occupation du terroir entre 1952 et 1999

Le tableau 13 résume l'évolution des unités d'occupation du terroir entre 1952 et 1999.

Tableau 13 : Superficies, taux d'occupation et taux d'accroissement des unités cartographiées

Unités d'occupation	Superficies (ha)			Taux d'occupation (%)			Taux d'accroissement (%)		
	1952	1981	1999	1952	1981	1999	1952-1981	1981-1999	1952-1999
Champs	781,1	1505,5	4146,6	9,1	17,5	48,3	92,7	175,4	430,8
Jachères	220,3	727,9	170,7	2,6	8,5	2,0	230,4	-76,6	-22,5
Savane arborée	4518,2	1747,7	1121,6	52,6	20,3	13,1	-61,3	-35,8	-75,2
Savane arbustive	2017,5	3237,0	2058,2	23,5	37,7	24,0	60,4	-36,4	2,0
Savane arbustive sur cuirasse	320,7	635,8	356,1	3,7	7,4	4,1	98,3	-44,0	11,1
Forêt galerie	734,3	734,3	734,3	8,6	8,6	8,6	0,0	0,0	0,0
plantation	0,0	3,6	4,6	0,0	0,1	0,1		26,6	

La carte n°3 montre que le domaine cultivé est très morcelé par rapport à celui de 1952. On constate l'apparition de nombreux parcellaires très dispersés sur l'ensemble du terroir. Cette distribution du parcellaire confère une structure très tachetée au paysage du terroir.

↳ L'extension de ces parcellaires a entraîné l'apparition de vastes plages de terres mises en culture (carte n°4). Une analyse du tableau 13 montre que la superficie des champs est en forte augmentation. Les champs occupent en effet, 48,3% de la superficie du terroir en 1999 contre 9,1% en 1952 et 17,5% en 1981. Le taux d'accroissement des champs est estimé à 92,7% pour la période de 1952-1981, à 175,4% pour la période de 1981-1999 et à 430,8% pour la période 1952-1999.

La carte n°3 montre également une forte extension de la jachère dont le taux d'occupation de l'espace est passé de 2,6% en 1952 à 8,5% en 1981 avec accroissement estimé à 230,4% pour la période 1952-1981.

Le village se présente sous forme de grappe desservie par de plus nombreuses pistes qui le rallient aux parcellaires et aux villages voisins.

La savane arborée constitue la principale forme de réserve des terres cultivables. L'extension des champs s'effectue au dépend de cette unité qui subit une importante régression en 1981 (carte n°3) et surtout en 1999 (carte n°4). En effet, son taux d'occupation de l'espace est passé respectivement de 52,6% en 1952 à 20,6% en 1981. En 1999, la savane arborée n'occupe plus que 13,4%. La régression des superficies de la savane arborée est estimée à -61,3% pour la période de 1952-1981, à -35,8% pour la période de 1981-1999 et à -75,2% pour la période de 1952-1999.

On observe une extension de la savane arbustive dont le taux d'occupation de l'espace a augmenté de 23,5 en 1952 à 37,7% en 1981 soit un accroissement de 60,4%. A partir de cette date, on note également un rétrécissement de cette unité dont le taux d'occupation de l'espace n'est plus que de 24% en 1999.

La savane arbustive sur cuirasse est essentiellement localisée au nord, au sud et quelques îlots à l'ouest du village (carte n°3). Le taux d'occupation du terroir par la savane sur cuirasse est passé de 3,7% en 1952 à 7,4% en 1981 soit un accroissement de 98,3%. Cette formation végétale n'occupe plus que 4,1% de la superficie du terroir en 1999. Ce qui correspond à une régression de 44% par rapport à 1981.

La plantation n'a figuré sur la carte qu'à partir de 1981. Elle occupe une faible proportion du terroir. Le tableau 13 montre que la superficie réservée à la plantation varie très peu.

### Discussions

En 1952 les activités agricoles étaient basées sur la production de produits vivriers. A cette époque, les paysans travaillaient en groupe sur de grands champs familiaux (GRN/SP Ouest, 1998). L'ensemble du village de Bala ne comptait qu'une vingtaine de champs environ et on pouvait avoir près de 30 personnes par champs. La présence de bêtes féroces dans les formations arborées denses constituait une menace permanente pour la vie humaine. Le regroupement des champs familiaux dans des aires de culture bien déterminées constituait donc une stratégie de sécurité collective. Ceci justifie le fait que les champs soient très faiblement représentés et localisés dans des aires de culture bien déterminées sur la carte n°2.

Les analyses diachroniques des cartes ont montré une régression générale des savanes arborées et arbustives sous l'emprise des activités agricoles. Des résultats similaires ont été rapportés par certains auteurs. GUIRE (1997) a étudié la dégradation du couvert végétal du terroir de Karangasso-Vigué. Les résultats ont montré une extension rapide des superficies mises en culture au détriment des formations naturelles. Pour cet auteur, le développement de la culture cotonnière qui a entraîné l'émergence de la mécanisation agricole constitue l'une des causes fondamentales de la détérioration du couvert végétal. GRN/SP Ouest (1999) a étudié l'évolution des ressources naturelles dans les terroirs de Moussobadougou et de Wara où la culture cotonnière est prédominante. Les résultats obtenus ont montré une forte augmentation des superficies emblavées.

L'augmentation de la population de Bala et l'organisation lignagère de l'espace agricole ne favorisent pas l'accueil des immigrants en 1985, cette population a été estimée à 2232 habitants essentiellement constituée de jeunes (GRN/SP, 1998). L'augmentation de cette population agricole constitue également un des facteurs explicatifs de l'extension des superficies mises en culture au cours des années 1980 (carte n°3).

La culture du coton est apparue comme un moyen sûr d'acquisition de biens individuels en milieu paysan. Cette perception a entraîné l'éclatement des grandes concessions à partir des années 1970 où le développement de la culture du coton prenait de l'ampleur dans le village (BELEM, 1985 ; SCHWARTZ, 1991 et 1993, TRAORE, 1995). Cet éclatement des grandes familles s'est traduit par un morcellement des grands champs familiaux repartis entre les nouveaux ménages et une délocalisation du parcellaire (carte n°3).

Le développement de la culture du coton a permis aux producteurs d'accéder à des crédits d'équipement agricole. Le souci croissant du remboursement de ce crédit et de réalisation de bénéfice substantiel a incité les producteurs à emblaver de grandes superficies. Ce qui constitue l'une des causes fondamentales de l'extension des superficies cultivées (carte n°4).

Le système de culture traditionnel se caractérise par l'utilisation d'un outillage agricole rudimentaire. Cet outillage ne permet pas d'emblaver de vastes superficies au titre individuel (BELEM, 1985). Cette contrainte technique explique l'entretien de champs familiaux et la faible pression agricole dans les années 1952. Le développement et la vulgarisation des outils agricoles modernes (charrues, charrettes, semoir, tracteur etc.) par les ateliers nationaux de fabrication et/ou de montage de matériels agricoles a facilité énormément le défrichage et la mise en culture des formations végétales denses. Le travail en groupe n'est plus une nécessité absolue sur les grandes superficies emblavées. C'est le début de la dislocation des grandes exploitations et de l'extension des surfaces mises en culture comme le montre la carte d'occupation de terres de 1981. A partir de 1999, le paysage agricole passe de l'aspect tacheté à un aspect de grandes plages de parcelles contiguës. La carte de 1999 montre que les grands changements amorcés entre 1952 et 1980 se sont achevés dans la période suivante par une fixation des exploitations depuis plus de 20 ans.

## CONCLUSION

L'approche cartographique a permis de mettre en évidence, une évolution régressive des formations végétales et des terres cultivables au profit d'une extension rapide des superficies mises en culture. L'analyse diachronique des données cartographiques permet d'identifier les principaux facteurs influençant cette régression des ressources naturelles (sols et végétation ligneuse) du terroir durant la période 1952-1999.

L'analyse des tendances évolutives de l'occupation du terroir révèle :

- une forte régression des ressources naturelles due à une pression démographique et agricole, particulièrement accélérée au cours de la période 1981-1999 ;
- une situation de saturation de l'espace cultivable due à la forte emprise agricole. La mécanisation agricole des exploitations pour le besoin d'une culture cotonnière à grande échelle constitue le facteur fondamental de cette forte extension des superficies emblavées. Cette extension des champs est si importante qu'elle a entraîné un épuisement quasi total des réserves de terres cultivables et une saturation du domaine agricole contraignant de nombreux producteurs de Bala à emprunter des terres de culture aux responsables fonciers des villages environnants.

### III- ETUDE DE LA VEGETATION LIGNEUSE

Les résultats de l'approche cartographique ont permis de mettre en évidence une régression importante des ressources naturelles (végétation et sols cultivables). Des facteurs explicatifs ont été identifiés. L'étude de la végétation ligneuse a pour objectif d'apporter des éléments complémentaires de caractérisation afin de mieux élucider les effets de ces facteurs sur la végétation ligneuse du terroir. Pour cela, des inventaires floristiques ont été effectués dans une formation végétale de référence (la forêt classée de la Mare aux Hippopotames), dans les champs et dans des jachères. Les résultats suivants portent sur la composition floristique et la structure du peuplement ligneux.

#### 1- La composition floristique

Les travaux d'inventaires ont permis d'obtenir une liste floristique de 62 espèces ligneuses réparties en 45 genres et 26 familles ( Annexe3). Les légumineuses ligneuses sont représentées par 4 familles: les *Caesalpinaceae* (6 genres et 7 espèces), les *Mimosaceae* (5 genres et 8 espèces), les *Combretaceae* (4 genres et 9 espèces) et les *Papilionaceae* (3 genres et 4 espèces). Avec 28 espèces les légumineuses ligneuses contribuent à près de 46% à la formation du couvert végétal. Le tableau 14 présente la liste des espèces enregistrées dans la formation de référence, dans la jachère et dans les champs.

Tableau 14: Répartition des espèces par type de formation

Référence (forêt classée)	Champs	Jachères
	<b>culture manuelle</b>	
<i>Lannea acida</i> A. Rich. <i>Securidaca longipedunculata</i> Fer. <i>Grewia bicolor</i> Juss. <i>Terminalia macroptera</i> G. et Per. <i>Gardenia erubescens</i> Stapf. <i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir. <i>Annona senegalensis</i> Pers. <i>Combretum nigricans</i> Lepr. <i>Crossopterix febrifuga</i> (Afz.) Benth. <i>Piliostigma thonningii</i> (Sch.) Miln. <i>Sterculia setigera</i> Del. <i>Entada africana</i> G. et Per <i>Daniellia oliveri</i> (R.) Hutch. et Dalz. <i>Gardenia ternifolia</i> K. Schum. <i>Prosopis africana</i> (G. et Per) Taub. <i>Combretum molle</i> R. Br. <i>Parinari exelsa</i> Sabine. <i>Strychnos innocua</i> Del. <i>Feretia apodanthera</i> Del. <i>Maytenus senegalensis</i> (Lam.) Exell. <i>Acacia dudgeoni</i> Craib. <i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) Dc. <i>Terminalia laxiflora</i> Engel. <i>Pteleopsis suberosa</i> Engel. et Perr. <i>Lannea velutina</i> A. Rich. <i>Detarium microcarpum</i> G. et Perr. <i>Ostryoderris shuhlmanii</i> Taub. Dunn. <i>Pterocarpus lucens</i> Lepr. <i>Strychnos spinosa</i> Lam. <i>Vitex doniana</i> Sw. <i>Heeria insignis</i> (Del.) O Kze. <i>Dichrostachys glomerata</i> (Forsk.) <i>Hymenocardia acida</i> Tul.	<i>Vitellaria paradoxa</i> Gaerth. <i>Parkia biglobosa</i> Jacq. Dc. <b>Tamarindus indica</b> L. <i>Lannea microcarpa</i> Engel et krause <i>Sclerocarya birrea</i> (Rich) Hochst. <i>Cordia myxa</i> <i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir. <i>Terminalia avicennioides</i> Guill. Perr. <b>Petite culture attelée</b> <i>Vitellaria paradoxa</i> Gaerth. <i>Parkia biglobosa</i> (Jacq) Dc. <i>Tamarindus indica</i> L. <i>Ficus</i> sp <b>Grande culture attelée</b> <i>Vitellaria paradoxa</i> Gaerth. <i>Parkia biglobosa</i> (Jacq) Dc. <i>Vitex doniana</i> Sw. <i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst. <i>Acacia albida</i> Del. <i>Azadirachta indica</i> Juss. <i>Daniellia oliveri</i> Hutch. et Dalz. <b>culture motorisée</b> <i>Vitellaria paradoxa</i> Aerth. <i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) Dc. <i>Vitex doniana</i> Sw.	<i>Lannea acida</i> A. Rich. <i>Securidaca longipedunculata</i> Fer. <i>Terminalia macroptera</i> G. et Per. <i>Vitellaria paradoxa</i> Gaerth. <i>Annona senegalensis</i> Pers. <i>Combretum nigricans</i> Lepr. <i>Piliostigma thonningii</i> (Sch.) Miln. <i>Entada africana</i> G. et Per <i>Daniellia oliveri</i> (R.) Hutch. et Dalz. <i>Prosopis africana</i> (G. et Per) Taub. <i>Acacia dudgeoni</i> Del. <i>Parkia biglobosa</i> (Jacq) Dc. <i>Terminalia laxiflora</i> Engel. <i>Pteleopsis suberosa</i> Engel. et Diels <i>Lannea velutina</i> A. Rich. <i>Terminalia avicennioides</i> G. et Per. <i>Acacia seyal</i> Del.

Le tableau 14 montre que 33 espèces ont été recensées dans la formation de référence contre 17 espèces enregistrées dans les jachères et 14 espèces rencontrées dans les champs. Ce tableau met en évidence, une importante diversité floristique de la végétation de la formation de référence et un appauvrissement floristique de la végétation des champs. On constate en effet que la végétation ligneuse des champs est constituée essentiellement d'espèces à usages multiples telles que *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Tamarindus indica*, *Diospyros mespiliformis* auxquelles s'ajoutent quelques espèces fourragères *Pterocarpus erinaceus*, *Acacia albida* et des espèces secondaires. Suite à la mise en jachère, on constate un enrichissement de la composition floristique par rapport à la végétation des champs.

## 2- Structure de la végétation ligneuse

La structure de la végétation est basée sur la répartition des essences en classes de circonférence ou de hauteur. L'analyse de la structure du peuplement ligneux permet de déterminer les catégories d'arbres éliminés lors des défrichements et/ou durant la période de mise en culture.

### 2.1- Les classes de circonférence

Le figure 11 indique la distribution des essences en classes de circonférence.

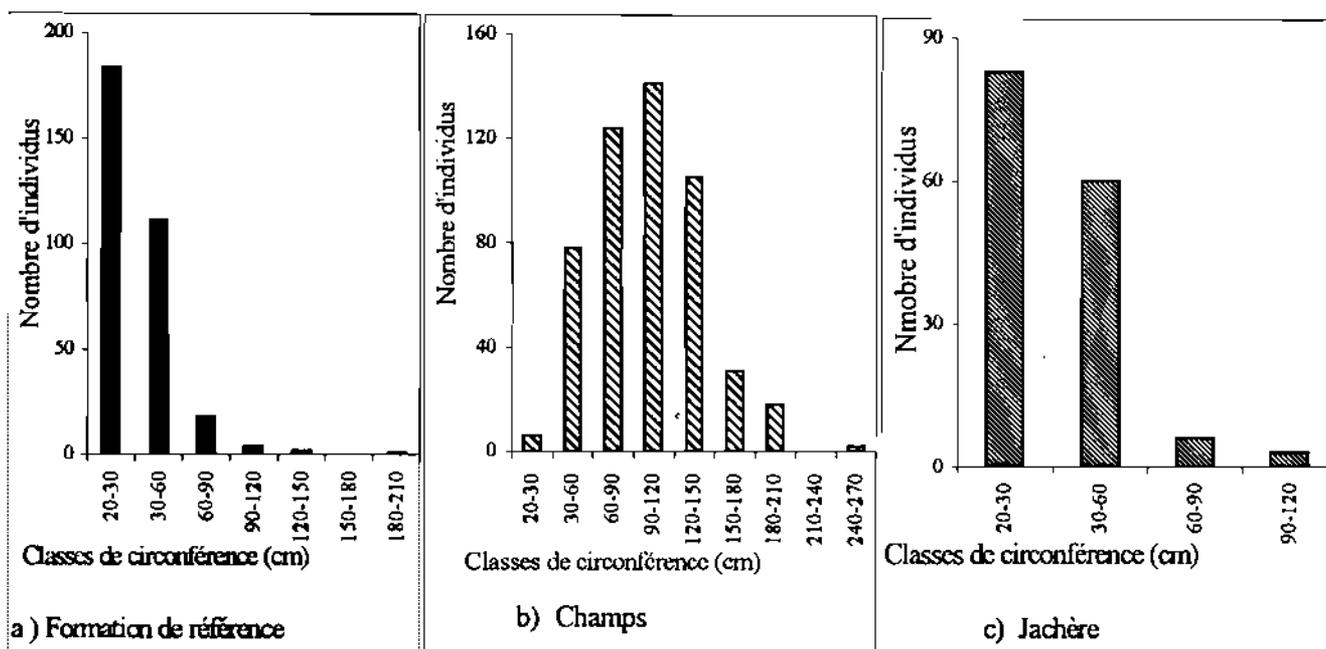


Figure 11: Distribution des essences en classes de circonférence

L'analyse de la figure 11 montre que la végétation de référence et celle de la jachères est constituée respectivement de 92% et 94% d'essences dont la circonférence est comprise entre 20 et 60 cm. Contrairement à la végétation de référence et de jachère, on constate que la végétation des champs est constituée essentiellement d'individus de circonférence comprise entre 60 et 270 cm (84%) et d'une faible proportion d'essences dont la circonférence mesure entre 20 et 60 cm (16%). On peut penser que le défrichement entraîne une élimination quasi totale des essences de circonférence comprise entre 20 et 60 cm.

## 2.2- Les classes de Hauteur

La figure 12 présente les classes de hauteur des essences recensées.

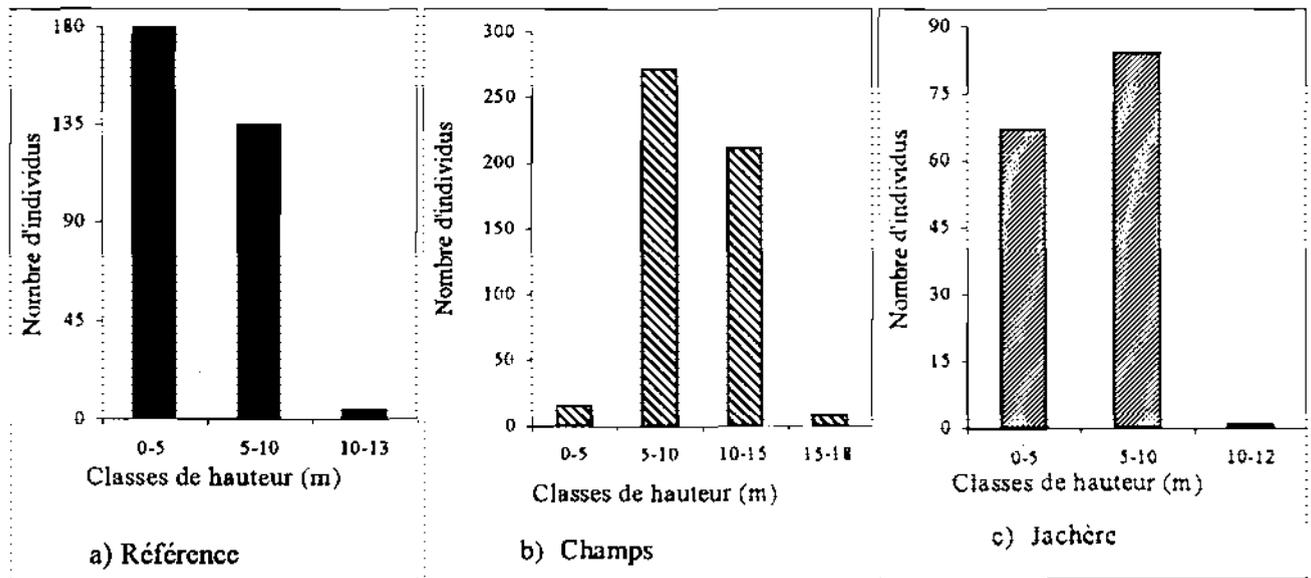


Figure 12 : Distribution des essences en classes de hauteur

L'analyse de la figure 12 révèle que :

la végétation de référence est essentiellement constituée d'arbustes dont la hauteur est inférieure à 5 m (56%), d'une proportion importante d'arbres de 5 à 10 m de haut (42%) et d'une très faible proportion de grands arbres de hauteur comprise entre 10 à 13 m (2%).

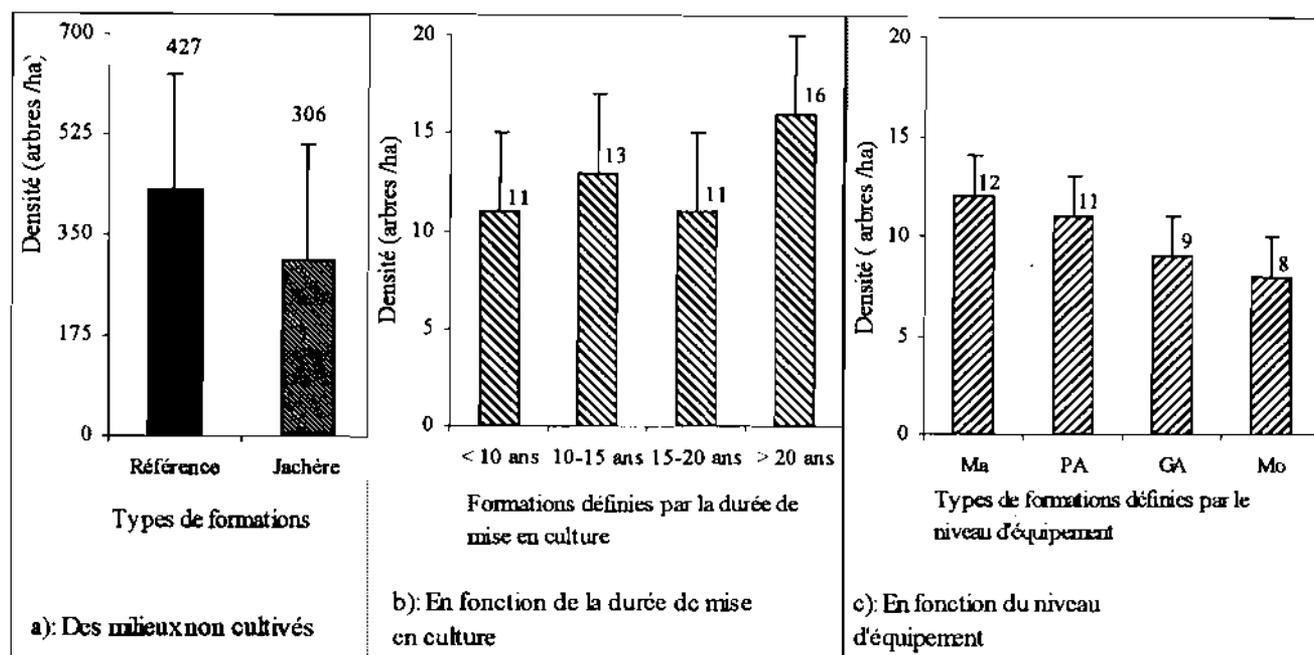
Le peuplement ligneux des champs contient 3% d'arbustes, 53% d'arbres et 46% de grands arbres dont 42% mesurent 10 et 15 m et 2% ont une hauteur comprise entre 15 et 18 m.

Les jachères sont peuplées de 44% d'arbustes, 55% d'arbres et de 1% de grands arbres.

Comparativement à la végétation de référence et à celle de jachère, on note une très faible proportion d'arbustes au sein de la végétation des champs.

### 2.3- La densité arborée

Le figure 13 présente la densité moyenne des essences inventoriées.



Ma = Manuelle ; PA = Petit Attelage ; GA = Grand Attelage ; Mo = Motorisée

Figure 13 : Evolution de la densité moyenne des essences

La densité de la végétation ligneuse est de 427 arbres/ha pour la formation de référence et de 306 arbres/ha sur la jachère. Deux critères sont retenus pour apprécier l'évolution de la densité arborée de la végétation des champs : la durée de mise en culture (figure 13b) et le niveau d'équipement (figure 13c).

La densité arborée de la végétation des champs est très faible par rapport à celle de la végétation de référence et de la jachère. Elle varie entre 11 arbres/ha sur les parcelles de moins de 10 ans de culture à 16 arbres/ha sur les parcelles de plus de 20 ans de culture.

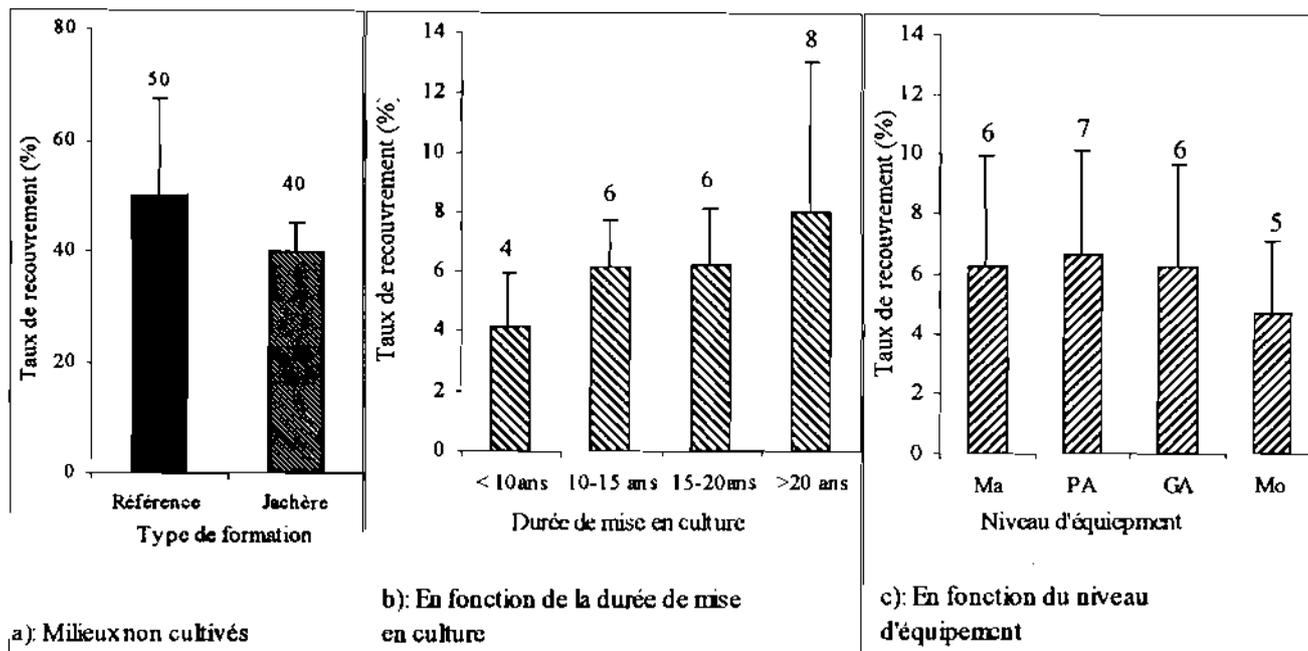
Si on considère l'évolution de la densité arborée suivant le niveau d'équipement des exploitations (figure 13c), on remarque que la densité arborée varie de 12 arbres/ha sur les parcelles à culture manuelle à 8 arbres/ha sur les parcelles à culture motorisée.

Une comparaison des figures 13b et 13c montre une diminution plus prononcée de la densité arborée suivant le niveau d'équipement des producteurs que suivant la durée de mise en culture des parcelles. On peut penser que le nombre d'arbres conservés par unité de surface cultivée dépend de la performance de l'outil agricole utilisé.

La densité arborée du peuplement de jachère est très élevée par rapport à celle de la végétation des champs. Ceci met en évidence, l'importance de la jachère dans la régénération naturelle de la végétation ligneuse.

#### 2.4- Le taux de recouvrement végétal

La figure 14 présente le taux de recouvrement végétal sur la formation de référence, de la jachère et les champs.



Ma = Manuelle ; PA = Petit Attelage ; GA = Grand Attelage ; Mo = Motorisée

Figure 14 : Evolution du taux de recouvrement végétal

La figure 14 montre que le taux de recouvrement végétal est de 50% pour la formation de référence et de 40% pour les parcelles en jachère.

Le taux de recouvrement de la végétation ligneuse des champs a été analysé suivant la durée de mise en culture des parcelles (figure 14b) et suivant le niveau d'équipement des exploitations (figure 14c).

Le taux de recouvrement du peuplement ligneux des champs est très faible par rapport à celui de la formation de référence. Ce taux de recouvrement varie de 4% sur les parcelles de moins de 10 ans de culture à 8% sur les parcelles de plus de 20 ans de culture.

En considérant le niveau d'équipement des producteurs (la figure 14c) on constate que le taux de recouvrement varie de 6% sur les parcelles à culture motorisée à 7% sur les parcelles à petite culture attelée. Une comparaison entre les figures 14b et 14c montre que le taux de recouvrement

augmente avec la durée de mise en culture des parcelles et diminue légèrement suivant le niveau d'équipement des producteurs. Ces résultats montrent que la durée de mise en culture et le niveau d'équipement agissent inversement sur l'évolution du taux de recouvrement végétal dans les champs.

### Discussions

L'inventaire floristique de la végétation ligneuse a permis d'obtenir une liste de 62 espèces réparties en 45 genres et 26 familles dont 28 espèces appartiennent au groupe des légumineuses ligneuses. Ce groupe est constitué de 18 genres répartis entre 4 familles à savoir : les *Combretaceae*, les *Cesalpiniaceae*, les *Papilionaceae*, et les *Mimosaceae*. Ces légumineuses ont été recensées dans la formation de référence et dans la jachère. Les travaux de NIKIEMA (1991) ont permis de recenser 80 espèces ligneuses réparties entre 26 familles dont 7 *Caesalpiniaceae*, 9 *Combretaceae*, 12 *Mimosaceae* et 4 *Papilionaceae*. BAYALA et NIEYIDOUBA (1994) ont obtenu dans la brousse de Dimolo, une liste floristique de 47 espèces réparties entre 38 genres et 23 familles. Les travaux de TAÏTA (1997) dans la forêt classée de la Mare aux Hippopotames ont donné une liste floristique de 117 espèces ligneuses réparties entre 96 genres et 34 familles dont les légumineuses ligneuses constituent le groupe le plus représenté avec 5 *Combretaceae*, 10 *Caesalpiniaceae*, 6 *Mimosaceae* et 5 *Papilionaceae*. Les résultats de nos travaux dans la formation de référence et dans la jachère sont donc similaires aux résultats de ces auteurs et confirment ceux de GUINKO (1989) qui affirme que la végétation ligneuse des savanes soudaniennes du Burkina Faso est surtout constituée de légumineuses ligneuses. Les légumineuses ligneuses ne sont pas désirables dans les champs parce qu'elles n'apportent pas de revenus additionnels concrets au paysan. L'élimination quasi totale de ces espèces indésirables lors du défrichage explique en partie, l'appauvrissement floristique de la végétation ligneuse des champs qui se résume aux quelques espèces d'utilités alimentaires telles que *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa* et *Tamarindus indica* et fourragères telles que *Pterocarpus erinaceus*, *Acacia albida* (tableau 17). Des résultats similaires ont été rapportés par BOFFA et al. (1994) et BAYALA et NIEYIDOUBA (1997) à partir d'études réalisées respectivement dans les parcs à karité de Thiougou et de Dimolo.

Avec la mise en jachère, on note une nette amélioration de la diversité floristique attribuable aux recrûs de jachère (tableau 17). Ceci montre, l'importance de la jachère dans l'enrichissement de la composition floristique des parcelles en repos cultural.

La répartition des essences en classes de circonférence a montré que la végétation de référence et celle de la jachère est constituée en grande partie d'essences de plus petites circonférences par

rapport à celles de la végétation des champs. Le bon développement des essences des champs est favorisé par la réduction de la concurrence végétale et de la protection contre les feux de brousse. Ceci contraste fortement avec les essences de la formation de référence et de la jachère sur lesquelles, les feux de brousse et la concurrence intraspécifique et extraspécifique limitent leur potentiel de développement. Des résultats similaires ont été enregistrés par BAYALA et NIEYIDOUBA (1994), BOFFA et *al.*(1994), TAITA (1997) et GRN/SP Ouest (1999). Pour BAYALA et NIEYIDOUBA (1994) et TAÏTA (1997), un peuplement ligneux caractérisé par une forte proportion d'essences de petites circonférences est un peuplement en cours de régénération tandis qu'un peuplement dominé par la présence d'arbres de grandes circonférences est un peuplement vieillissant. Ceci nous permet de dire que la végétation ligneuse de la formation de référence et de la jachère est en cours de régénération tandis que le peuplement ligneux des champs est vieillissant. Ce vieillissement s'explique par une absence de régénération pendant de longues durées de mise en culture au cours de laquelle, le producteur procède à l'élimination de gros arbres, des rejets et à la pratique de déssouchages saisonniers. Cette étude a porté sur un ensemble de parcelles dont 42% ont moins de 10 ans de mise en culture, 31 ont une durée de mise en culture comprise entre 15 et 20 ans et 27% ont plus de 20 ans de culture. On peut donc comprendre le vieillissement de la végétation des champs par rapport aux arbres des milieux non mis en culture.

La faible proportion des sujets de 210 à 270 cm constatée sur la figure peut être attribuée à ces pratiques. Ces pratiques ont été également observées par BOFFA et *al.* (1994) ; ROBINS (1994) ; BAYALA et NIEYIDOUBA (1994) et YAMEOGO (1997). Ces auteurs expliquent que la faible proportion des grands arbres dans les champs est due au fait que les gros arbres sont plus nuisibles aux plantes cultivées. Ce que reconnaissent BERTELSEN et KABORE (1994) pour qui les rendements cultureux et le nombre d'arbres conservés sur les champs peuvent entrer en compétition à un moment donné et l'augmentation de l'un entraîne la réduction de l'autre. Ceci justifie la réduction progressive du nombre des grands arbres afin de réduire leurs effets dépressifs sur les rendements.

Le déssouchage des espèces ligneuses pratiqué systématiquement dans les systèmes de culture à base de coton a été largement évoqué par de nombreux auteurs dont MAYNE et VERMOESEN (1941) ; DE GROOF (1944) ; RENARD (1947) ; MARCHAL (1949) ; LAGIERE (1966) ; PARRY (1982) ; CIRAD (1995) ; KOTO (2000). On peut donc attribuer à cette pratique culturelle, la faible représentativité des arbustes (moins de 5 m de haut) dans les champs.

Il résulte du déssouchage qui est une pratique reconnue aux systèmes de culture à base de coton, une très faible densité arborée du peuplement ligneux des champs. BOFFA et *al.*(1994) ont

enregistré une densité de 23 arbres/ha à Thiougou dans les champs de brousse et 307 arbres/ha dans les formations naturelles adjacentes. BAYALA et NIEIYIDOUBA (1997) ont recensé 73 pieds /ha sur des systèmes de production à base de céréales de Dimolo. Comparativement aux résultats de ces auteurs, on remarque que les densités arborées obtenues dans les champs au cours de nos travaux sont très faibles. Pour BAYALA et NIEIYIDOUBA (1997), la forte densité arborée enregistrée dans le système de culture à base de céréales s'explique par l'absence de la mécanisation agricole qui nécessite très peu d'arbres sur les champs. En effet les travaux de ILLA (1993) ont montré que les producteurs motorisés de Bala abattent beaucoup plus d'arbres que les paysans manuels et attelés. Les observations de ces auteurs s'accordent bien avec l'évolution de la densité arborée en fonction du niveau d'équipement des producteurs. Ceci nous permet de dire que plus le niveau d'équipement du producteur est élevé, plus la densité arborée est faible et cette faible densité s'explique par les pratique d'abatage et de déssouchage liés à l'équipement agricole.

BOFFA *et al.* (1994) et BAYALA et NIEIYIDOUBA (1997) ont constaté la décroissance de la densité arborée des champs décroît en fonction de la durée de mise en culture. L'évolution de la densité en fonction de la durée de mise en culture est donc en contradiction apparente avec les observations de ces auteurs. Nos inventaires ont été effectués sur des champs de village où la densité arborée est de 12 arbres /ha en moyenne et sur des champs de brousse où la densité arborée n'est plus que de 6 arbres /ha en moyenne. D'autre part, les parcelles sous culture sont loin d'avoir le même passé cultural et la variabilité de la densité entre des parcelles supposées appartenir à la même classe de durée de mise en culture est relativement très élevée. Tout ceci contribue à expliquer le fait qu'il n'y ait pas de diminution progressive de la densité arborée en fonction de la durée de mise en culture des parcelles.

Le taux de recouvrement élevé des essences de la formation de référence (50%) et de la jachère (40%) s'explique par la forte densité arborée qui est de 427arbres/ha pour la formation de référence et de 306 arbres/ha pour la jachère.

L'augmentation du taux de recouvrement en fonction de la durée de mise en culture peut s'expliquer par la forte réduction de la densité arborée durant la période de mise en culture. En effet, une forte réduction de la densité du peuplement correspond à une réduction importante de la concurrence végétale pour l'espace vital. Ce qui se traduit sur la structure de la végétation par un développement compensatoire des houppiers. Le taux de recouvrement semble être maintenu autour d'un recouvrement de 6% avec un plus faible taux de recouvrement sur les parcelles à culture motorisée et peut s'expliquer par la très faible densité arborée que nécessite la culture attelée et motorisée et surtout par le fait que le cotonnier qui est plus cultivé par les producteurs les plus

équipés est une plante héliophile dont le bon développement végétatif est incompatible avec l'ombre des arbres.

## CONCLUSION

Le terroir de Bala fait partie de la zone à forte potentialité en ressources ligneuses. La végétation de la forêt classée de la Mare aux Hippopotames considérée comme une référence de la végétation originelle est caractérisée par une importante richesse floristique et une forte densité arborée. Soumise à un système de culture à base de coton où le niveau d'équipement est assez élevé, cette diversité floristique du peuplement ligneux s'est réduite à quelques espèces d'utilités alimentaires, médicinales, et fourragères dans les champs. Il en résulte une forte réduction de la densité arborée par rapport à la végétation originelle. Fragilisés par la destruction de son manteau végétal, les sols se retrouvent exposés aux intempéries climatiques de nature érosive. De ce fait, le potentiel de fertilité de ces sols dénudés ne dépendra essentiellement que des pratiques culturales telles que la durée de mise en culture, l'impact du type d'équipement agricole et de fertilisants apportés aux sols.

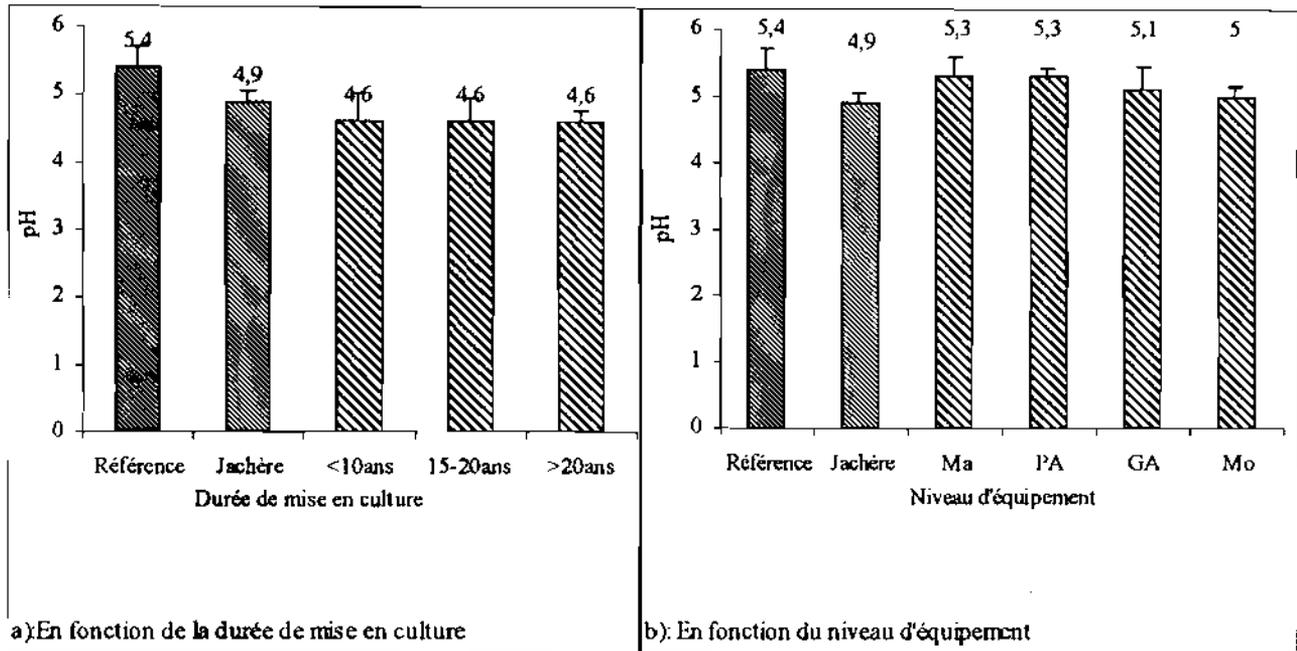
## IV- EVALUATION DE LA FERTILITE DES SOLS

Les résultats de l'inventaire floristique ont permis de mettre en évidence les effets dépressifs de la durée de mise en culture et de la mécanisation agricole sur la végétation ligneuse. L'analyse des échantillons de sol a permis d'évaluer l'évolution des caractéristiques physico-chimiques des sols sous culture en comparaison avec celle d'un sol de référence : Le sol de la forêt classée de la Mare aux Hippopotames. Les résultats obtenus apportent des éléments complémentaires à la caractérisation de l'évolution des ressources en sol sous l'effet de la durée de mise en culture et du niveau d'équipement.

## 1- Fertilité chimique

### 1.1- Le pH

La figure 15 indique l'évolution du pH suivant la durée de mise en culture et le niveau d'équipement des sols sous culture, en comparaison avec le pH du sol de référence et des sols sous jachère.



Ma = manuelle ; PA = petit Attelage ; GA = Gros Attelage ; Mo = Motorisée

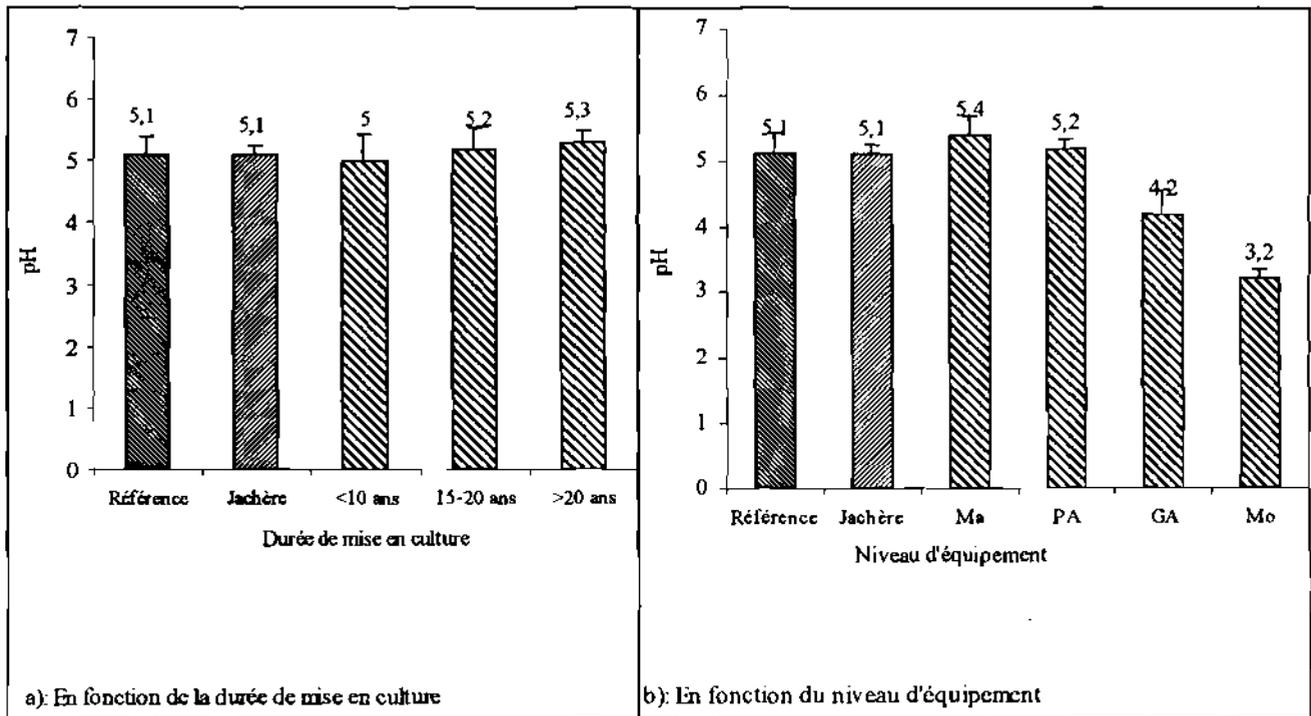
Figure 15 : Evolution du pH des sols ( horizon 0-20 cm)

Les sols de référence appartiennent à la gamme de pH fortement acide alors que les sols sous jachère et les sols des parcelles définies par leur durée de mise en culture appartiennent à la classe de pH très fortement acide.

Suivant le niveau d'équipement des producteurs, les sols sous culture manuelle, les sols sous petite et grande culture attelée appartiennent à la classe de pH fortement acide tandis que les sols sous culture motorisée appartiennent à la gamme de pH très fortement acide selon les normes du BUNASOLS, (1987).

On constate que le pH des sols est de 4,6 quelle que soit la durée d'exploitation des parcelles. Cette valeur est très basse par rapport à celle des sols de référence. Le pH des sols sous culture est inférieur à celui des sols sous jachère. Une comparaison de la figure 15a et 15b montre que la durée de mise en culture a un effet dépressif plus important sur le pH des sols que celui de l'équipement agricole.

La figure 16 montre l'évolution du pH en fonction de la durée de mise en culture et du niveau d'équipement en comparaison avec celui des sols de référence dans les horizons 20-40 cm.



Ma = Manuelle ; PA = Petit Attelage ; GA = Grand Attelage ; Mo = Motorisée

Figure 16 : Evolution du pH des sols ( Horizon 20-40 cm.)

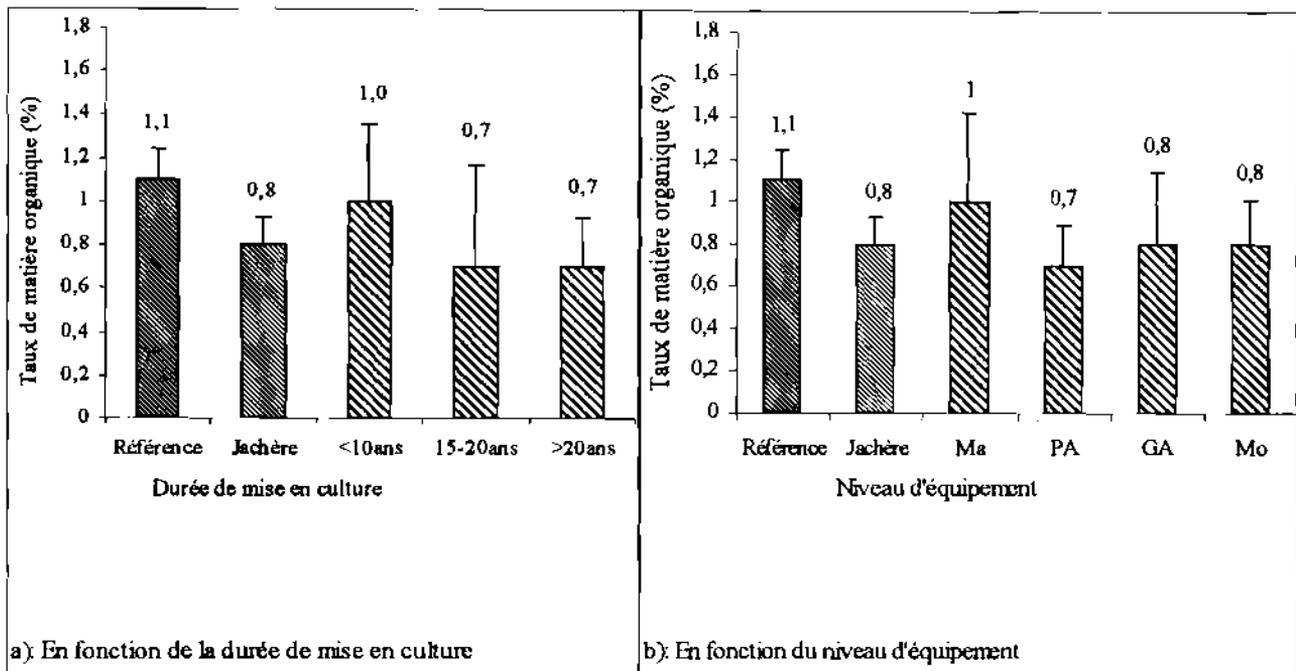
Dans l'horizon 20-40 cm, le pH est fortement acide sous les sols de référence et dans les sols sous jachère.

Suivant la durée de mise en culture des sols, le pH varie de fortement acide sous les sols de plus de 15 ans de culture à très fortement acide sous les sols de moins de 10 ans de culture.

Suivant le niveau d'équipement des producteurs, le pH varie de fortement acide dans les sols sous culture manuelle et sous petite culture attelée à extrêmement acide dans les sols sous culture motorisée et sous grande culture attelée.

## 1.2- Le taux de matière organique

La figure 17 présente l'évolution du taux de matière organique des sols sous culture en comparaison avec celle des sols de référence et de jachère.



Ma = Manuelle ; PA = Petit Attelage ; GA = gros Attelage ; Mo = Motorisée

Figure 17 : Evolution du taux de matière organique des sols ( horizons 0-20 cm)

Les sols de référence ont une teneur moyenne en matière organique. Le taux de matière organique est bas dans les sols sous jachère selon les normes du BUNASOLS (1987). L'évolution du taux de matière organique dans les sols sous culture a été appréciée en fonction de leur durée de mise en culture et du niveau d'équipement des producteurs.

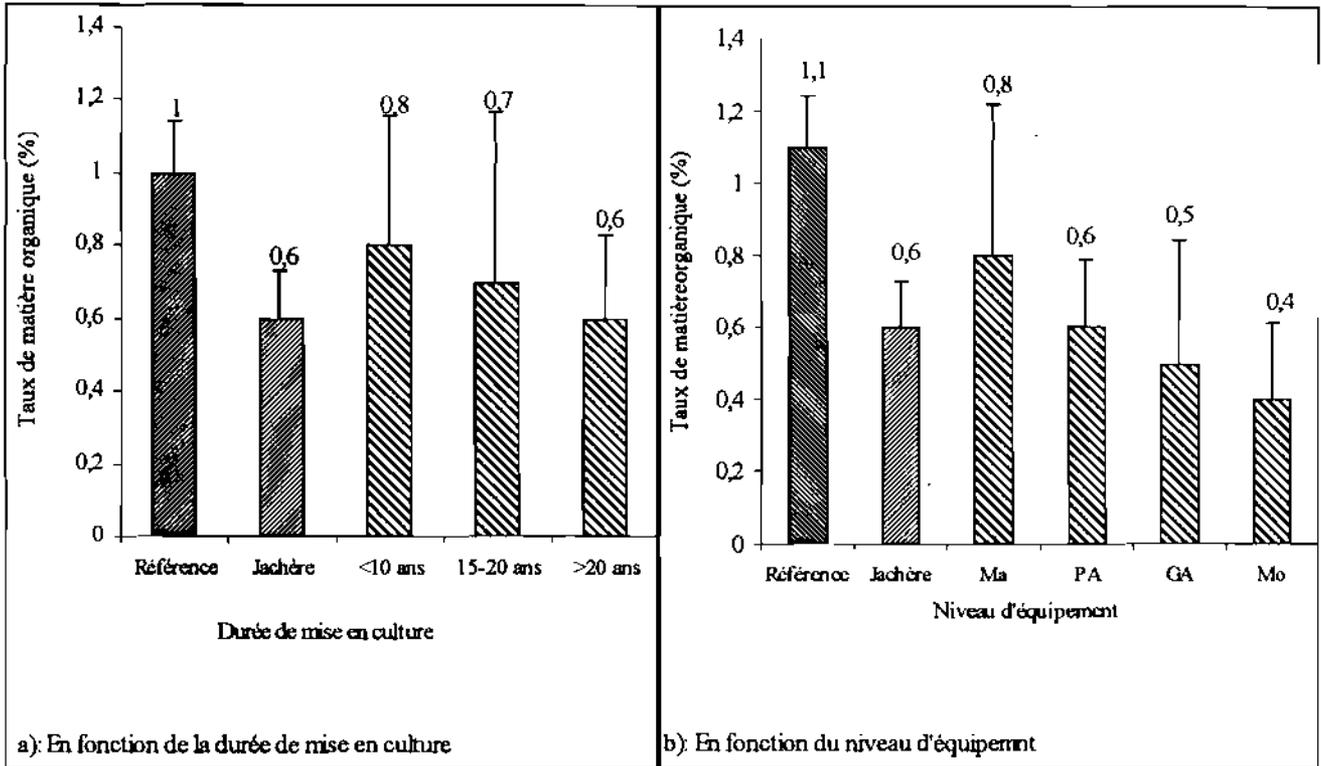
Le taux de matière organique est moyen dans les sols de moins de 10 ans de culture soit 1%. A partir de la 15<sup>ème</sup> année de culture, ce taux n'est plus que de 0,7% soit une baisse de 36% par rapport à la teneur des sols de référence (figure 17a).

Si on considère l'évolution de la matière organique des sols suivant le niveau d'équipement du producteur (figure 17b), on constate que le taux de matière organique est moyen dans les sols sous culture manuelle et basse dans les sols sous culture attelée et motorisée. Ce qui montre que le taux de matière organique des sols sous culture diminue en fonction du niveau d'équipement des producteurs.

En comparant l'évolution du taux de matière organique suivant la durée de mise en culture des sols (figure 17a) et son évolution suivant le niveau d'équipement des producteurs (figure 17b), on

constate une baisse plus prononcée du taux de matière organique suivant la durée de mise en culture.

La figure 18 indique l'évolution du taux de matière organique des sols dans l'horizon 20-40 cm dans les sols sous culture en comparaison avec les sols de référence et de jachère.



Ma = Manuelle ; PA = Petit Attelage ; GA = Grand Attelage ; Mo = Motorisée

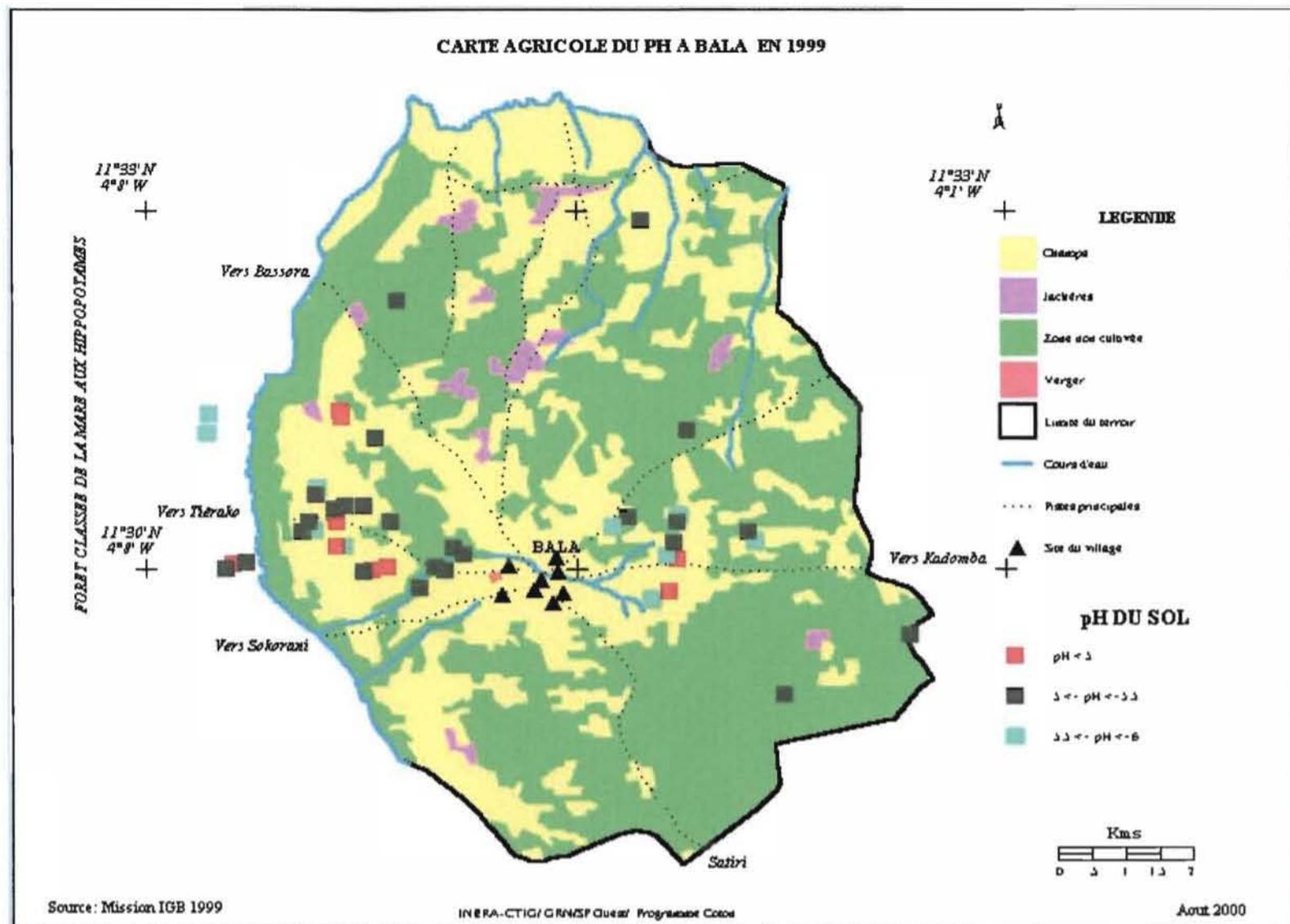
Figure 18 : Evolution du taux de matière organique des sols (horizon 20-40 cm)

Le taux de matière organique des sols de référence est de 1% dans l'horizon 20-40 cm. Dans les sols sous culture et sous jachère on constate que le taux de matière organique est légèrement au-dessus du seuil de carence en matière organique. La figure 18b montre que le taux de matière organique des sols varie de 0,8% dans les sols sous culture manuelle à 0,4% dans les sols sous culture motorisée.

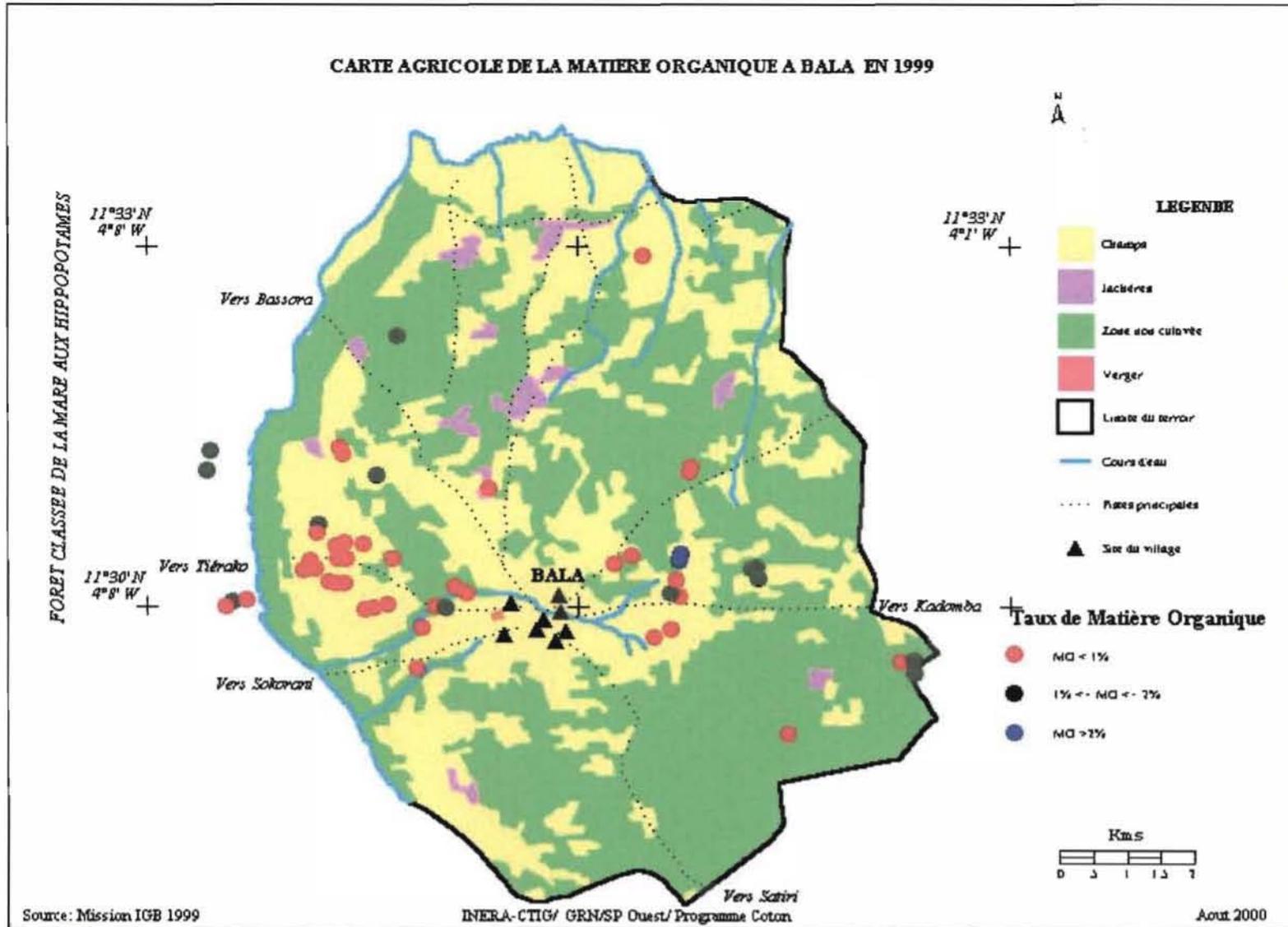
Dans l'horizon 20-40 cm, on observe une différence nettement significative entre le taux de matière organique des sols de référence et celui des sols sous jachère.

Les cartes n°5 et n°6 présentent respectivement la distribution spatiale du pH et du taux de matière organique des sols.

# Carte de pH des sols



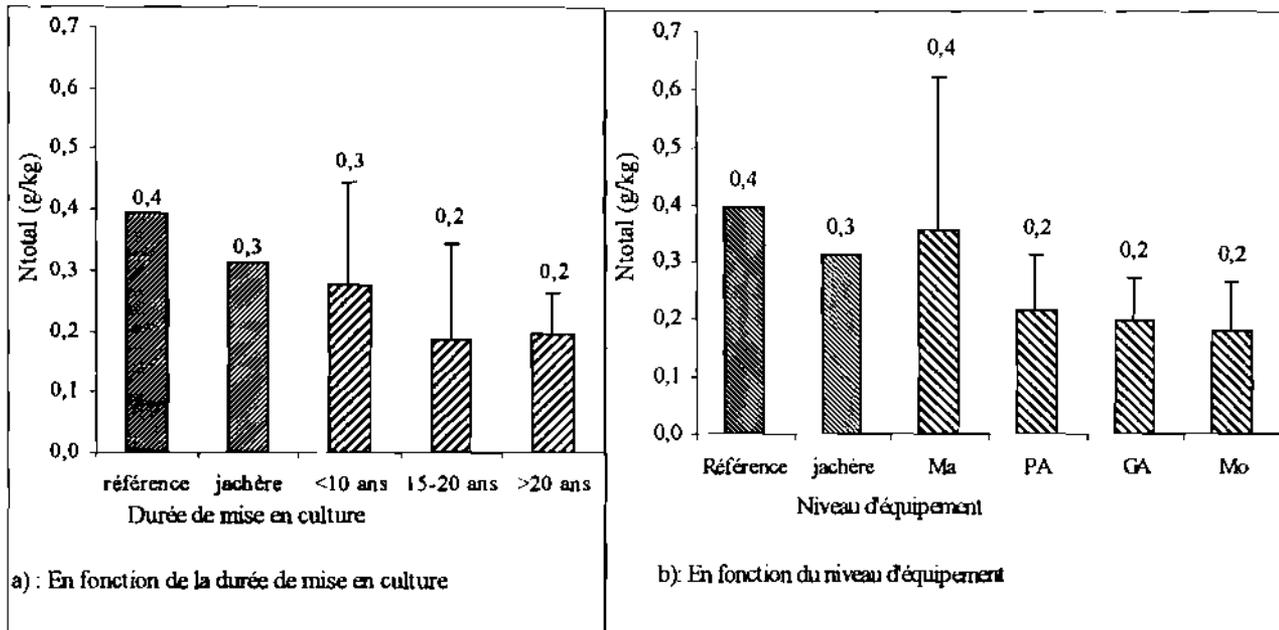
Carte de distribution de la teneur des sols en matière organique



Un examen comparatif de ces deux cartes (n°5 et n°6) montre que les plus faibles valeurs de pH sont enregistrées sur les parcelles présentant les plus faibles taux de matière organique.

### 1.3- Evolution de l'azote total (Ntotal)

La figure 19 présente l'évolution de la teneur en Ntotal suivant la durée d'exploitation et du niveau d'équipement des sols sous culture en comparaison avec celle des sols de référence et de la jachère.



Ma = Manuelle ; PA = Petit Attelage ; GA = Gros Attelage ; Mo = Motorisée

Figure 19 : Evolution de la teneur des sols en azote total

Tous les sols étudiés ont de faibles teneurs en Ntotal selon les normes du BUNASOLS (1987)

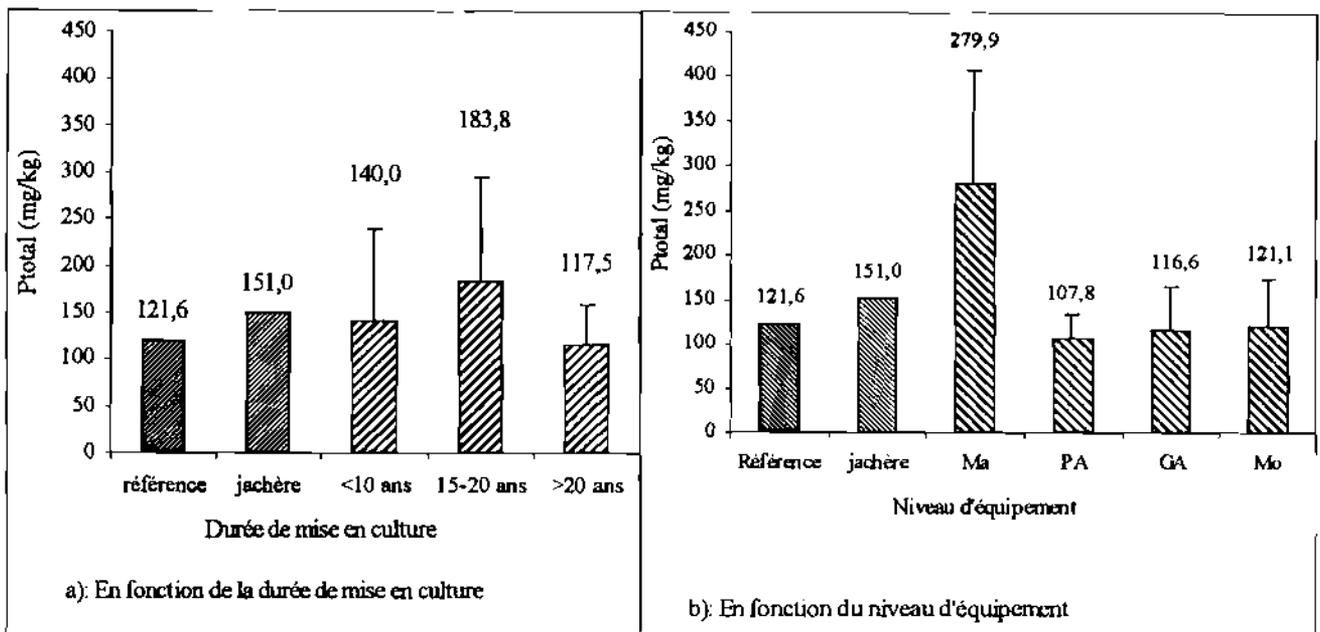
La teneur des sols de référence en Ntotal est de 0,4g/kg. Elle est de 0,3g/kg dans les sols de moins de 10 ans de culture et semble se stabiliser à la valeur de 0,2 g/kg à partir de la 15<sup>ème</sup> année de culture (figure 19a).

En considérant le niveau d'équipement des producteurs (figure 19b), on constate que les sols sous culture manuelle ont la même teneur en Ntotal que les sols de référence (0,4g/kg). La teneur des sols en Ntotal n'est plus que de 0,2 g/kg dans les sols sous culture attelée et sous culture motorisée.

Si on compare l'évolution du Ntotal des sols suivant la durée de mise en culture des parcelles (figure 19a) et son évolution en fonction du niveau d'équipement des producteurs (figure 19b), il ressort que la baisse de la teneur des sols en Ntotal est plus prononcée suivant le niveau d'équipement.

#### 1.4- Evolution du phosphore total ( Ptotal)

La figure 20 présente l'évolution de la teneur en Ptotal en fonction du niveau d'équipement et de la durée de mise en culture.



Ma = manuelle ; PA = Petit Attelage ; GA = Gros Attelage ; Mo = Motorisée

Figure 20 : Evolution de la teneur des sols en phosphore total

Selon les normes du BUNASOLS (1987), la teneur en Ptotal est moyenne dans les sols sous culture manuelle et faible dans le reste dans sols étudiés.

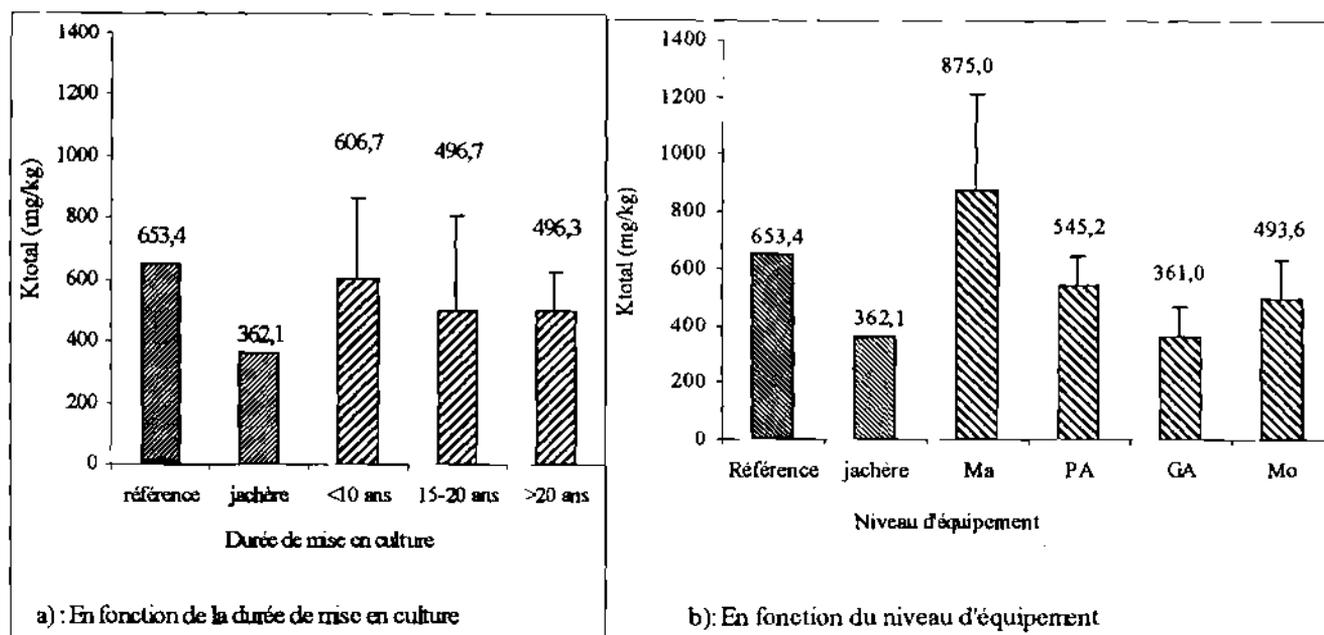
En considérant la durée de mise en culture des parcelles (figure 20a) on constate que les sols de 15 à 20 ans de culture ont les plus fortes teneurs en Ptotal (183,8 mg/kg) tandis que la plus faible teneur est observée dans les sols de plus de 20 ans de culture(117,5 mg/kg).

On constate également que la teneur en Ptotal des sols de moins de 10 ans de culture et celle des sols de 15 à 20 ans de culture sont plus élevées que la teneur des sols de référence en Ptotal. Il y a cependant une très grande variabilité.

Si on considère l'évolution du Ptotal suivant le niveau d'équipement (figure 20b), on constate que la teneur en Ptotal est plus élevée dans les sols de référence que dans les sols sous culture attelée et sous culture motorisée. La plus faible teneur en Ptotal est enregistrée dans les sols sous petite culture attelée.

### 1.5- Evolution du potassium total (Ktotal)

La figure 21 présente l'évolution de la teneur en Ktotal en fonction de la durée de mise en culture et du niveau d'équipement.



Ma = manuelle ; PA = petit Attelage ; GA = Gros Attelage ; Mo = Motorisé

Figure 21 : Evolution de la teneur des sols en potassium total

Les sols de référence appartiennent à la classe des sols à basses teneurs en potassium (653 mg/kg).

Les sols sous jachère, ont une très basse teneur en Ktotal (361 mg /kg).

Si on considère l'évolution de la teneur des sols en Ktotal suivant la durée de mise en culture (figure 21a), seuls les sols de moins de 10 ans de culture ont une basse teneur en Ktotal. Après 15 ans de mise en culture, la teneur des sols en Ktotal devient très basse (496 mg/kg). Ce qui montre que le stock en Ktotal des sols cultivés s'épuisent avec la durée de mise en culture.

En considérant l'évolution de la teneur des sols en Ktotal suivant le niveau d'équipement (figure 21b), il apparaît selon les normes du BUNASOLS (1987), que la teneur en Ktotal est basse dans les sols sous culture manuelle et dans les sols sous petite culture attelée. Cette teneur en Ktotal devient très basse dans les sols sous grande culture attelée et sous culture motorisée.

La comparaison entre l'évolution de la teneur en Ktotal suivant la durée de mise en culture et son évolution suivant le niveau d'équipement montre une baisse en Ktotal des sols plus prononcée suivant la durée de mise en culture.

## Discussions

Le développement important des herbacées pérennes sur les sols de référence permet la mise en place d'un réseau dense de biomasse racinaire dont le renouvellement entraîne une accumulation considérable de matière organique dans le sol. Cette biomasse racinaire qui s'accumule au cours des années contribue au maintien de la fertilité des sols (SOME, 1996, YAMEOGO, 1997). Le degré de couverture végétale constitue un facteur important de conservation de la matière organique des sols. Le développement saisonnier de la biomasse aérienne des herbacées et de la strate ligneuse jouent un rôle important dans la protection du sol contre les pluies battantes et le drainage érosif des eaux de ruissellement pendant l'hivernage. Après le passage des feux de brousse, ce rôle est assuré uniquement par la strate ligneuse dont le taux de recouvrement du sol est estimé à 50%. Ceci explique partiellement le taux de matière relativement élevé dans les sols de référence (1,1%) et dans les sols sous jachère (0,8%).

Les arbres assurent le recyclage des substances nutritives par la remontée biologique des minéraux à partir des horizons profonds sous forme d'exsudats racinaires et foliaires. Les pluviolessivats et les détritux végétaux représentent une source importante de restitution organique. La présence de nombreuses légumineuses ligneuses (Combretaceae, Cesalpiniaceae, Papilionaceae, Mimosaceae) sur les sols de référence et sur les sols de jachère assurent un rôle capital dans le maintien de la fertilité azotée de ces sols par la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique. Ce qui peut expliquer la teneur relativement élevée des sols de référence et de jachère en Ntotal.

Les exsudats sont des polysaccharides excrétés par les racines et les feuilles. Selon TOUTAIN (1984), les exsudats racinaires correspondent à une véritable injection de matière organique dans les divers horizons explorés par les racines. Ceci explique le taux de matière organique assez élevé (1%) dans l'horizon 20-40 cm des sols de référence. L'extirpation des racines par le matériel aratoire enlève au sol une de ses voies sûres du maintien de la fertilité organique. Ceci permet de comprendre la baisse du taux de matière organique dans les sols de moins de 10 ans de culture par rapport aux sols de référence.

Durant la période de mise en culture, les substances minérales des sols sont exportées en quantité considérable sous forme de récolte. LAGIERE (1966) montre que la production de 565 kg/ha de coton fibre correspond à une exportation de 152 kg de N, 68 kg de  $P_2O_5$  et de 135 kg de  $K_2O$ . MAYNE et VERMOESEN (1941) ont montré qu'une récolte de 340 kg de coton égrené enlève au sol, 56 à 68 kg de N, 23 à 27 kg de  $P_2O_5$ , 45 à 54 kg de  $K_2O$ . Les superficies emblavées grâce à la mécanisation agricole sont si vastes que la fertilisation organique demeure insignifiante et ne

permet pas le maintien de l'équilibre originel d'exportation et de restitution d'éléments minéraux entre les cultures et le sol. C'est ce que reconnaît SEGDA (1995) pour qui la mise en culture entraîne une minéralisation rapide du stock organique des sols et aucun amendement organique ne permet de retrouver les taux initiaux de matière organique. Au regard de ces observations, on peut comprendre les faibles taux de matière organique enregistrés dans les sols sous culture, en particulier dans les sols de plus de 15 ans de mise en culture.

La baisse du taux de matière organique des sols sous culture est en accord avec TAONDA et *al.*(1994) qui disent que sur sol sableux, tout mode de gestion comportant peu ou pas d'amendement organique entraîne une disparition rapide du stock de matière organique. En effet, la plupart des sols de Bala sont très sableux et les quantités de fumure organique apportées ne couvrent pas la dose moyenne de 2 tonnes /ha recommandée par la recherche.

Le taux de matière organique des sols sous jachère (0,8%) reste inférieur à celui des sols de référence (1,1%) car le développement du réseau racinaire est encore superficiel et moins dense que dans les sols sous jachère. Ce qui ne permet pas des remontées importantes d'éléments minéraux à partir des horizons profonds (POULAIN, 1976) .

La matière organique stabilise le pH des sols. Il y a donc une forte interdépendance entre le taux de matière organique et le pH.

L'acidification extrême des sols de culture constitue un problème agronomique très préoccupant. Pour SANOU (1989) cité par KOMBO (1999), il faut considérer l'acidification comme un processus de baisse du niveau de fertilité des sols. Pour FERRAND (1948) la difficulté d'obtenir des rendements escomptés en utilisant les engrais minéraux dans les sols africains réside dans le fait que ces sols sont pauvres en complexe argilo-humique et les engrais apportés sont le plus souvent lessivés et entraînés par les eaux de ruissellement avant d'être utilisés au maximum par les plantes.

Les jachères constituent les réserves de pâturage pour les animaux de trait tandis que les sols de référence sont régulièrement parcourus par les troupeaux des nomades en transition. Il est possible que des prélèvements de sols soient effectués sur des urines d'animaux. Ce qui pourrait expliquer partiellement cette forte acidité des sols de référence et des sols sous jachère.

L'utilisation des engrais minéraux acidifiants constitue la source acidifiante le plus souvent évoquée pour expliquer l'acidification des sols de culture dans les systèmes de production à base de coton (TAONDA et al. 1994, PARRY, 1982, DAKOUO, 1991 et 1994, KOUASSI, 2000).

Dans le cadre de ces travaux, le pH<sub>eau</sub> des principales fumures minérales vulgarisées a été déterminé dans le but de mieux appréhender les nombreuses observations sur le caractère acidifiant des engrais vulgarisés. Il en résulte, et selon les normes du BUNASOLS (1987), que le NPKSB est

légèrement alcalin (pH = 7,4), l'urée (pH = 7,3), le KCl (pH = 7,1) et le BP (pH = 6,1) appartiennent à la gamme des pH faiblement acides à neutres. Ces valeurs de pH ne posent à priori, aucun souci d'acidification des sols quant à l'utilisation de ces fumures minérales. L'acidification des sols est liée au mécanisme réactionnel de ces fumures une fois dans le sol. En effet, SOLTNER (1976 et 1978) cité par KOMBO (1999) décrit comme suit, le mécanisme réactionnel de l'urée dans le sol : l'urée s'hydrolyse en libérant dans le sol, des molécules de  $\text{CO}_2$  et de  $\text{NH}_3$ . Les molécules de  $\text{NH}_3$  ionisées en  $\text{NH}_4^+$  sont attirés par les charges négatives du complexe argilo-humique du sol. La forte concentration des ions  $\text{NH}_4^+$  autour du complexe argilo-humique provoque une percolation des ions  $\text{H}^+$  préalablement adsorbés. L'hydrolyse de l'urée [  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  ] se produisant sans libération d'ions  $\text{OH}^-$  il s'ensuit que les  $\text{H}^+$  libres dans la solution du sol ne sont pas neutralisés et l'augmentation de leur concentration entraîne logiquement une baisse du pH qui se traduit par l'acidification des sols.

L'application excessive et répétée des engrais minéraux entraîne à moyen terme, une dégradation du potentiel de fertilité des sols (POULAIN, 1976). Selon DAKOUO (1994), la formule complète des engrais vulgarisés est constituée à partir des produits suivants : le phosphate diammonium [  $(\text{NH}_2)_2\text{HPO}_4$  ], le sulfate d'ammonium [  $(\text{NH}_2)_2\text{SO}_4$  ], le chlorure de potassium [ KCl ], le sulfate de potassium [  $(\text{K}_2\text{SO}_4)$  ], le di-sodium tétraborate [  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  ] et l'urée [  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  ]. Tous ces produits ont des mécanismes réactionnels similaires à ceux de l'urée, s'hydrolysant en libérant des ions  $\text{NH}_4^+$  acidifiants et sans libération d'ions  $\text{OH}^-$ .

Ce détail permet de mieux expliquer l'effet dépressif des engrais minéraux sur le pH des sols tant que la fertilisation minérale n'est pas associée à des amendements organiques et/ou organo-magnésiens adéquats.

L'ensemble des sols étudiés ont de basses teneurs en Ntotal. Ce sont des sols déficitaires en azote. Cette déficience des sols de la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso a été évoquée par DAKOUO (1994).

La présence des légumineuses herbacées et ligneuses sur les sols de référence et de jachère explique partiellement la teneur relativement élevée du Ntotal dans ces sols. Pour MARCHAL (1949), la suppression de du potentiel souterrain des légumineuses ligneuses prive le sol d'une de ses voies sûres de maintien de sa fertilité. La faible teneur en Ntotal des sols sous culture peut donc s'expliquer par le fait que les espèces de ce groupe sont majoritairement éliminées lors des défrichements.

La matière organique constitue la principale réserve des substances minérales des sols. En raison de cette relation d'interdépendance entre le stock organique du sol et sa teneur en azote, on peut dire

avec (BERGER, 1996) que la baisse générale de la teneur des sols en  $N_{total}$  est attribuable à l'épuisement du taux de matière organique. Cette diminution est également attribuable au lessivage des sols par les eaux de ruissellement. TAONDA, et *al.*, (1994) expliquent que l'azote du sol peut disparaître par volatilisation sous forme de  $NH_4^+$ , par exportation sous forme de récolte. La faible teneur des sols en azote peut s'expliquer aussi et surtout la carence azotée de nos sols évoquée par DAKOUO (1991 ; 1994).

Les résultats obtenus ont montré que les sols étudiés ont de faible teneur en  $P_{total}$ . Ces résultats confirment la déficience en phosphore des sols de la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso évoquée par DAKOUO (1991 ; 1994) et BERGER (1996). DAKOUO (1994) rapporte que la teneur en  $P_{total}$  des sols dans la zone cotonnière Ouest est très rarement supérieure au seuil de déficience qui est estimé à 200 mg/kg. La teneur élevée des sols sous culture manuelle en  $P_{total}$  peut s'expliquer par le fait que l'outil traditionnel ne permet pas des labours profonds. Le stock de matière organique n'est donc pas enfoui dans les horizons profonds. Sa minéralisation progressive libère une certaine quantité de phosphore (BERGER, 1996) qui contribue à l'augmentation de la teneur de ces sols en  $P_{total}$ .

Si on considère l'évolution de la teneur des sols en  $P_{total}$  suivant la durée de mise en culture, on constate que la plupart des sols sous culture présentent des taux de  $P_{total}$  plus élevés que ceux des sols de référence. Ceci peut être attribué à une accumulation des quantités résiduelles de phosphore apporté par les engrais minéraux au cours des années.

On constate une chute importante de la teneur des sols en  $P_{total}$  suivant le niveau de performance de l'outil agricole. Ceci permet de dire que les producteurs manuels et les producteurs équipés de petit attelage ont des pratiques culturales peu différentes tandis que les producteurs équipés de gros attelage et les producteurs motorisés ont des pratiques culturales très voisines.

La fluctuation du taux de matière organique et la diversité des pratiques culturales peuvent être également évoquées pour expliquer l'évolution de la teneur en  $K_{total}$  des sols sous culture.

Les résultats obtenus sur la fertilité chimique des sols confirment ceux de HIEN et *al.*(1994). Ces auteurs ont étudié les sols de Farako-Bâ et de Boni, deux stations représentatives des systèmes de culture à base coton dans le bassin cotonnier du Burkina Faso. Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence, une détérioration des caractéristiques physico-chimiques de ces sols en fonction de la durée de mise en culture, une forte acidification des sols due aux apports d'engrais minéraux dont l'efficacité tend vers zéro avec à l'augmentation des doses du NPK et surtout des engrais azotés seuls. Ces résultats sont également en accord avec ceux de ROOSE (1984) pour qui la

dégradation des sols est en relation étroite avec l'intensification de la mécanisation, l'extension des cultures industrielles laissant peu de résidus organiques, l'acidification des sols suite aux apports massifs des engrais minéraux et avec la baisse du taux de matière organique.

#### CONCLUSION

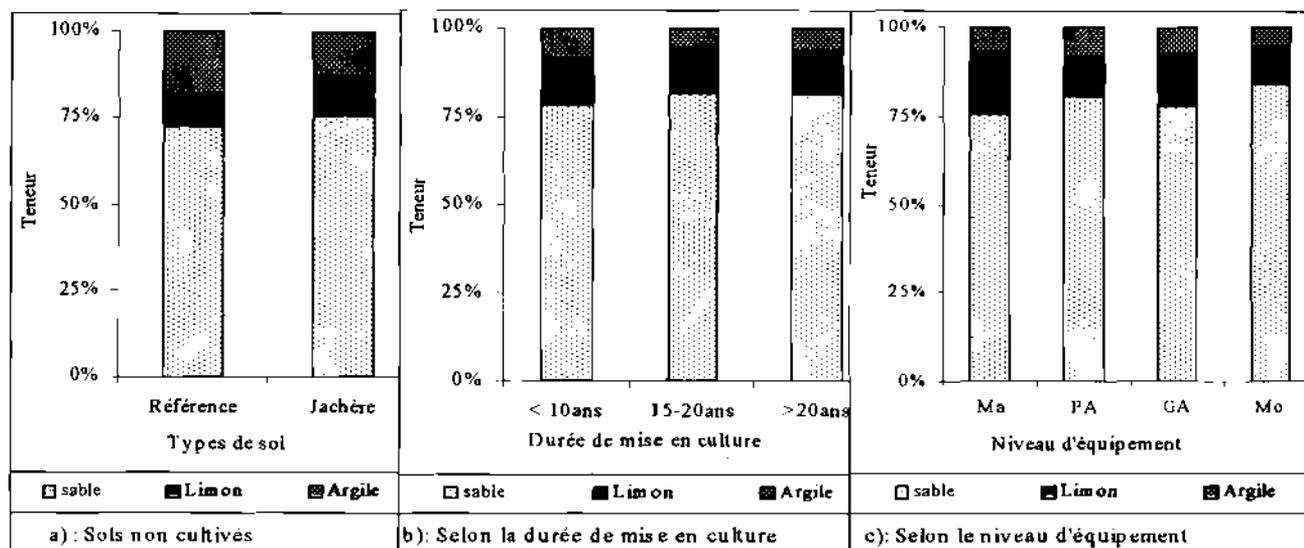
La végétation ligneuse et herbacée joue un rôle très important dans l'amélioration et le maintien de la fertilité organo-minérale des sols. Les apports organo-minéraux du système racinaire contribuent à l'amélioration de la fertilité des sols dans les horizons profonds tandis que la biomasse aérienne contribue par son degré de recouvrement à l'augmentation du stock organique de l'horizon supérieur et à la protection des sols contre les rayons solaires, les pluies battantes et réduit l'érosion éolienne et hydrique. L'extirpation des racines de la végétation ligneuse pour le besoin de la culture attelée et ou motorisée supprime cette importante contribution de la végétation ligneuse et herbacée. L'émiettement des sols par les labours profonds qui favorise la détérioration du complexe argilo-humique contribue à accélérer l'épuisement du taux de matière organique et de la teneur des sols en azote, en phosphore et en potassium.

La fertilisation des sols sous culture est essentiellement basée sur un apport des engrais minéraux vulgarisés en plus grande quantité par rapport aux fumures organiques. La faible teneur des sols sous culture en matière organique ne permet pas une bonne valorisation de ces engrais minéraux qui provoquent une forte acidification des sols.

## 2- Fertilité physique

### 2.1- Composition granulométrique

La figure 22 présente la composition granulométrique des sols sous culture en comparaison avec celle des sols de référence et de jachère.



Ma = Manuelle ; PA = Petit Attelage ; GA = Grand Attelage ; Mo = Motorisée

Figure 22 : Evolution de la composition granulométrique des sols

On constate que la plupart des sols de Bala sont de texture sablo-limoneuse.

Si on compare la composition granulométrique des sols sous culture suivant la durée de mise en culture à celle des sols de référence on constate un ensablement important des sols en fonction de la durée de mise en culture. La mise en culture entraîne une augmentation du taux des éléments grossiers (sable) et une baisse des éléments fins des sols (limon et argiles).

En comparant l'évolution des constituants granulométriques des sols suivant le niveau d'équipement des producteurs à celle des sols de référence, on constate également un ensablement important des sols sous culture.

Les sols sous jachère ont un taux de sable plus élevé que les sols de référence. En revanche, le taux d'argile est plus faible que celui des sols de référence. Comparativement aux sols sous culture, les sols sous jachère contiennent moins de sable et de limon avec toutefois, un taux d'argile plus élevé.

## 2.2-Indice de stabilité

Cette analyse de la composition granulométrique a mis en évidence, un processus d'ensablement général des sols sous culture. Ce phénomène a été évoqué par FOURNIER (1948) ; TAONDA et al.,(1994) et GUIRE (1997). Pour mieux appréhender le processus d'ensablement des sols, on a procédé à l'estimation de l'Indice de Stabilité (IS) des sols à partir de la formule suivante :

$$IS = \% \text{ limon} / \% \text{ argile.}$$

La détermination de la structure des sols est basée sur la valeur de l'indice de stabilité estimé :

- pour  $IS > 2,5$  les sols sont de structure instable ou sols battants ;
- pour  $IS < 2,5$  on est en présence de sols sont de structure stable.

Les résultats sont présentés dans le tableau 15.

Tableau 15: Caractéristiques physiques des sols étudiés

	Milieux non cultivés		Durée de mise en culture			Niveau d'équipement			
	Référence	Jachère	< 10 ans	15-20 ans	> 20 ans	Ma	PA	GA	Mo
Indice de stabilité	0,6	1	2,1	2,9	2,4	2,8	1,5	2,7	2,5
Structure	Stable	Stable	Stable	instable	Stable	instable	Stable	instable	instable
Texture	LTS	LTS	LTS	SL	SL	LTS	SL	SL	SL

LTS = Limon Très Sableux ; SL = Sable Limoneux

Ma = Manuelle ; PA = Petit Attelage ; GA = Grand Attelage ; Mo = Motorisée

Le tableau 15 montre que l'indice de stabilité des sols est très faible pour les sols de référence (0,6) et pour les sols de jachère (1). Ce sont des sols stables de texture limono-sableuse.

Suivant la durée de mise en culture, l'indice de stabilité des sols varie de 2,1 pour les sols de moins de 10 ans de culture à 2,9 pour les sols de 15 à 20 ans de culture.

Suivant le niveau d'équipement des producteurs, on constate que l'indice de stabilité des sols varie de 1,5 pour les sols sous petite culture attelée à 2,8 pour les sols sous culture manuelle.

## 2-3-Indice de dégradation spécifique

Le drainage érosif des sols par les eaux de ruissellement constitue un facteur important de l'ensablement et de modification de la structure des sols sous culture. La quantité de sol drainée (QS) par le ruissellement des eaux est estimée à l'aide de la formule de FOURNIER utilisée par GUIRE (1997) :

$$QS = 27,12 \times (p_m^2 / P_a) - 475,4$$

où  $P_m$  = précipitation du mois de pluviosité maximale et  $P_a$  = précipitation annuelle et 27,12 et 475,4 sont des constantes.

La quantité de sol (QS) ainsi drainée par les eaux de ruissellement est exprimée en T/km<sup>2</sup>/an mais nos résultats sont convertis en T/ha/an pour plus de commodité et présentés dans le tableau 16.

Tableau 16 : Estimation de la quantité de sol drainé

ANNEE	1992	1993	1994	1995	1998	1999
P <sub>m</sub> (mm) (Bala)	304,6	300,5	414,7	254,3	184,2	387,1
P <sub>a</sub> (mm) (Bala)	743,6	886	1154	911,7	768	1112
QS (T/ha/an)	29	22,8	35,6	14,5	7,3	31,8

Ce tableau montre que la quantité de sol drainée varie de 7,3 T /ha/an en 1998 à 31,8T/ha/an en 1999.

### Discussions

Les sols de référence et les sols de jachère sont des sols stables de texture limoneux très sableux avec respectivement 72% et 76% de sable. Cette stabilité des sols de référence et des sols sous jachère s'explique par la présence d'une couverture végétale importante dont le taux de recouvrement est de 50% pour la formation de référence et de 40% pour la jachère. La densité arborée de ces formations est 427 arbres/ha pour la formation de référence et de 306 arbres/ha pour la jachère. Ce manteau végétal protège les sols de référence et de jachère contre les pluies battantes. Cette végétation contribue énormément à réduire la vitesse et la force de ruissellement des eaux de pluie. Ceci contribue à réduire considérablement le drainage érosif des éléments fins du sol. Ce qui permet de comprendre le faible taux de sable dans ces sols d'une part et leur teneur relativement élevée en matière organique et en substance minérale d'autre part.

On constate une augmentation progressive de l'indice de stabilité des sols sous culture suivant la durée de mise en culture. Cette augmentation de l'indice de stabilité se traduit concrètement par une forte augmentation du taux de sable dans les sols sous culture, passant de 76% sous les sols de moins de 10 ans de culture à 81% dans les sols de plus de 15 ans de culture. Ceci est en accord avec TAONDA et *al.* (1994) qui ont souligné que les sols sous culture deviennent de plus en plus sableux à mesure que la durée de mise en culture augmente. L'augmentation du taux de sable, la baisse progressive du taux de matière organique, la teneur des sols en N<sub>total</sub> et en K<sub>total</sub> peuvent être reliées au drainage érosif qui joue un rôle important dans l'épuisement du stock organo-minérale des sols. Ce qui est en accord avec DE GROOF (1944) pour qui l'enlèvement de la couverture naturelle constitue les premiers pas vers une érosion rapide de sols sous les effets cumulés des pluies battantes, des vents et autres intempéries climatiques.

Les sols sous grande culture attelée ou sous culture motorisée sont devenus des sols battants de texture sablo-limoneuse. On peut penser que plus l'outil agricole utilisé est adapté à un labour profond, plus la tendance à l'ensablement des sols est considérable. Ceci est en accord avec LAGIERE (1966) pour qui le labour profond que permet l'équipement agricole moderne entraîne un émiettement d'autant plus intensif que le sol est léger. Cet émiettement des sols fragilise le complexe argilo-humique qui sert de ciment entre les constituants des agrégats. La dissociation des agrégats favorise le drainage des éléments fins du sol (argile et substances organo-minérales) vers des horizons de profondeur ou vers des zones de dépression laissant en place les éléments. Ce qui explique l'ensablement important des sols lorsqu'on considère le niveau d'équipement du producteur.

Le lessivage des sols de culture est d'autant plus accentué que les sols sont le plus souvent de faible densité arborée et de faible taux de couverture végétale dans les champs. Pour GUIRE (1997) l'érosion hydrique est en relation étroite avec la couverture végétale et la dégradation de l'un entraîne un développement important de l'autre. FOURNIER (1949) constate que la fragilité des sols tropicaux prend un caractère catastrophique lorsqu'ils sont dénudés, sans protection contre les pluies battantes et les eaux de ruissellement. Les quantités de sols drainées par les eaux estimées à partir de la formule de FOURNIER ne sont donc que des grandeurs indicatives. En effet sur sols densément peuplés la végétation ligneuse et herbacée contribue à réduire l'érosion hydrique. Ce qui justifie le fait que les sols de référence et les sols sous jachère ont un faible taux de sable et des teneurs importantes en limon et en argile par rapport aux sols des champs. L'émiettement des sols des champs par les retournements répétés favorise le drainage érosif ne laissant en place que des grains de sable relativement difficiles à transporter.

## CONCLUSION

La mise en culture prive le sol de la protection du couvert végétal. L'absence quasi totale d'obstacles aux eaux de ruissellement sur de vastes étendues favorisent l'augmentation de la force ruissellement des eaux de pluies. Le drainage intensif des matériaux fins du sol vers des zones de dépression ou dans les horizons profonds du sol ne laisse en place que les éléments grossiers du sol constitués essentiellement de sable. Ce processus d'ensablement des sols prend de l'ampleur avec la durée de mise en culture, produisant à long terme, des sols battants de texture sablo-limoneuse.

## CONCLUSION GENERALE

Cette étude avait pour but d'étudier l'évolution des ressources naturelles dans les systèmes de culture à base de coton. Le travail s'est appuyé d'une part sur des données recueillies sur une expérimentation de longue durée et d'autre part en milieu réel.

Les résultats obtenus montrent que :

- les pratiques culturales sont déterminantes pour le maintien et la restauration de la fertilité des sols ;
- toute mise en culture d'un sol entraîne à long terme, un épuisement du stock organique et des éléments minéraux et par conséquent un appauvrissement de ce sol et ce quelque soit la plante cultivée ;
- l'utilisation exclusive des engrais minéraux seuls entraîne à court terme, une chute des rendements ;
- la performance de l'outil agricole est l'éléments fondamental de la dégradation de la couverture végétale et de la déstructuration des sols ;
- cette détérioration prend de l'ampleur avec la durée de mise en culture des terres sans une fertilisation conséquente et des pratiques agroforestières appropriées.

### PERSPECTIVES

La culture cotonnière est loin d'être la seule cause à incriminer dans la détérioration des ressources ligneuses et des ressources en sols. Il est donc souhaitable :

- d'envisager des études de thèmes fédérateurs que spécifiques. Pour cela, l'approche globale mise au point pour la présente étude pourra être appliquée à d'autres terroirs soumis à cette même problématique, notamment les systèmes de culture à base d'igname (Mangodara) et les systèmes où la culture cotonnière est en phase de transition (Kayao). Ceci permettra d'apprécier et de comparer l'impact de ces différents systèmes de culture sur les ressources naturelles ;
- de croiser les paramètres de la fertilité des sols (taux de matière organique, pH, teneur en N, P, K, total) à ceux des rendements cultureux pour mieux appréhender les facteurs qui influencent le plus sur la production agricole dans les systèmes de culture à base de coton ;

- d'étudier les effets des produits chimiques utilisés dans les systèmes de culture à base de coton sur la qualité des eaux de surface et sur l'évolution de la fertilité des sols ;
- d'envisager une modélisation agricole des systèmes de culture à base de coton pour mieux gérer la fertilité des sols dans l'ancien bassin cotonnier d'une part et pour contrôler la saturation précoce de l'espace agricole dans la nouvelle zone cotonnière d'autres part ;
- Rechercher les causes fondamentales de l'abandon de la culture cotonnière dans certaines régions autrefois grandes productrices de coton (Kaya, Kougoussi, Yako ) afin de mieux pérenniser les systèmes de culture à base de coton au Burkina Faso.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BAYALA J., NIEYIDOUBA L., 1994 – Etude de la composante ligneuse des jeunes jachères du terroir de Yasso : Composition floristique et structure. RSP/zone ouest, Burkina Faso, 33P + annexes.

BAYALA J., NIEYIDOUBA L., 1997 – Caractérisation du parc à karité dans le système de production à base de céréale du terroir de Dimolo. GRN/SP Ouest, 46P + annexes.

BELEM P.-C., 1985 - Coton et systèmes de production dans l'Ouest du Burkina Faso. Thèse de doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle en géographie de l'aménagement, Université Paul Valérie de Montpellier III, 322P + annexes.

BELEM P.-C., 1989 – projet de développement présenté par l'INERA (Burkina Faso). *Séminaire sur l'élevage en zone cotonnière. Ouagadougou 25-29 octobre 1989, étude et synthèse de l'IEMVT n° 36 : 173-197.*

BERAUT J., 1967 - Flore du Sénégal. 485P.

BERGER M., 1996 – L'amélioration de la fumure organique en Afrique soudano-sahélienne. *Agriculture et développement, n° hors-série, fiches techniques, Paris, 16p.*

BERTELSEN M., KABORE D., 1994 – Analyse économique du système des parcs agroforestiers d'Afrique de l'Ouest : Résultats préliminaires obtenus dans deux villages du plateau central au Burkina Faso. *Recherche Intégrée en Production Agricole, et en Gestion des Ressources Naturelles : projet d'Appui à la Recherche et à la Formation Agricoles (ARTS), Burkina Faso, 1990-1994. Purdue University et Winrock international : 250-265.*

BOFFA J., LOMPO L., KNUDSON D. M., 1994 – Implantation et gestion des parcs à karité (*vitellria paradoxa*) en zone soudanienne au Burkina Faso. *Recherche Intégrée en Production Agricole, et en Gestion des Ressources Naturelles : projet d'Appui à la Recherche et à la Formation Agricoles (ARTS), Burkina Faso, 1990-1994. Purdue University et Winrock international : 275-297.*

BUNASOLS, 1987- Quelques normes d'interprétation des résultats d'analyse de sol. Burkina Faso.

CHAVATTE D., 1994 – Environnement et productivité. *Coton et développement n° 10, 8-12.*

CHEVALIER A., 1949 – Point de vue nouveau sur les sols d'Afrique tropicale, sur leur dégradation et sur leur conservation. Origine et extension des latérites et des carapaces ferrugineuses. Lutte contre la stérilisation des sols africains. *Bulletin Agricole du Congo Belge, Volume XL n°2 : 1057-1092.*

CIRAD, 1995 – Plante d'hier, d'aujourd'hui et de demain. Notes et documents n° 20, Montpellier, 71P

DAKOUO D., 1991 - Le maintien de la fertilité dans les systèmes de culture conduits en motorisation intermédiaire : Cas de la zone cotonnière du Burkina Faso. Rapport annuel, 49P.

DAKOUO D., 1994 - Les carences en potassium sur cotonnier (*G. Hirsutum. L.*) dans les systèmes de culture: Cas de la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso. Thèse de doctorat, Université Nationale de la Côte-d'ivoire (Abidjan), 141p.

DE GROOF, 1944 – Conservation des sols congolais et politique agricole. *Bulletin agricole du Congo belge. Volume XXXV, n°4, Bruxelles, 118P.*

DEAT M., 1991- Rapport de mission au Burkina Faso 23/05/91- 4/06/91. MD/91/04, Montpellier, 24P.

EDZANG M.-J.-J., 1999 - Incidence des systèmes de culture sur la productivité d'un sol ferrallitique dans l'Ouest du Burkina Faso, Mémoire de fin de cycle IDR, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 80p + annexes.

EMBERGER L., 1983 - Vade Mecum pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu. Ed. CNRS, Paris, 169P.

FAURE G., 1992- Intensification et sédentarisation des exploitations mécanisées. Rapport annuel en agronomie, INERA – Bobo-Dioulasso, 52P.

FAURE G., 1994- Les exploitations en motorisation intermédiaire au Burkina Faso. CIRAD Bobo-Dioulasso.

FERRAND M., 1948 – Intensivité de l'agriculture, mécanisation et maintien de la fertilité des sols entre les tropiques. *Bulletin Agricole du Congo Belge, Volume XL n°2 : 1989-1998.*

FOURNIER F. et HENIN S., 1949 – Influence des facteurs climatiques sur l'érosion des sols. *Bulletin Agricole du Congo Belge, Volume XL n°2 : 1375-1382.*

GANABA S., 1990 - Approche des méthodes d'inventaire des ressources ligneuses à petites et moyennes échelles. Application d'une méthode d'inventaire par télédétection à une région test du Burkina Faso. Mémoire de DEA, Université de Ouagadougou, 100P + annexes.

GARNIER A., 1995 – Bilan et perspectives de la traction animale dans la zone cotonnière du Burkina Faso. CRPA des Hauts Bassins et de la boucle du Mouhoun, Mémoire de fin d'études, CNEARC/EITARC, 97p.

GRN/SP OUEST, 1998 - Historique dynamique du terroir de Bala (Province du Houet). Bobo-Dioulasso, 44p.

GRN/SP Ouest, 1999 – Synthèse des activités du projet "Fronts pionnier de Migration". (Campagne 1998-1999), Burkina Faso, 39P.

GUILLEMIN R., 1976 - Historiques des introductions cotonnières en Haute-Volta. *Coton et développement n°4 4<sup>ème</sup> trimestre 1976.* 16p.

GUINKO S., 1989 – Contribution à l'étude de la végétation et de la flore du Burkina Faso (ex Haute-Volta). I. Les terroirs phytogéographiques. *Bulletin de l'institut Fondamental d'Afrique Noire, tome 46, série n° 1-2 : 129-139.*

GUIRE M., 1997 - Contribution à l'étude de la dégradation de la végétation ligneuse à Karangasso Vigué. Mémoire de maîtrise de géographie, Université de Ouagadougou, 112p.

HIEN V., SEDOGO P.M., LOMPO F., 1994 – Gestion de la fertilité des sols au Burkina Faso. Bilan et perspectives pour la promotion de systèmes agricoles durables dans la zone soudano-

sahélienne. *Promotion de systèmes agricoles durables dans les pays d'Afrique soudano-sahélienne séminaire régional FAO/CIRAD, Dakar* : 47-59.

HUTCHINSON J., DAZIEL J.M., 1958 – Flora of West Tropical Africa. Volume I, part 2, 2<sup>ème</sup> éd. Hepper F.N., 828P.

ILLA Y., 1993 - Gestion de l'arbre au niveau des exploitations et proposition d'aménagement. Cas de trois villages de la zone cotonnière de l'Ouest du Burkina Faso: Bala-Dakoura-kourouma. Mémoire IDR, Université de Ouagadougou, 83p + annexes.

IRCT, 1958 –Coton et Fibres Tropicales VOL.XIII, *Conservation de la structure du sol*:23-24

KOMBO J.C., 1999 – Effets des jachères de courte durée sur les rendements du sorgho et les propriétés chimiques d'un sol ferrallitique dans l'Ouest du Burkina Faso. Mémoire d'ingénieur IDR de l'UPB, 78 + annexes.

KOTO E., 2000 – L'importance du choix de la variété dans la production cotonnière. *Atelier sur la fertilisation et les systèmes de culture en zone cotonnière Ouest-Africaine : cas du Mali, du Burkina Faso et de la Côte d'Ivoire. Contribution du CNRA*, 16P.

KOUASSI S. T. B., 2000 – Résultats de l'évaluation de l'engrais en apport unique en milieu paysan en Côte d'Ivoire. *La fertilisation et les systèmes de culture en zone cotonnière Ouest-Africaine : cas du Mali, du Burkina Faso et de la Côte d'Ivoire. CFDT*, 14P.

LAGIERER R., 1966 – Le cotonnier. Paris, 306P.

LAINÉ G., BERGER M., SANOU P., 1990 - Notice d'explication de la carte des surfaces cultivées en coton (Campagne 1998). Région de Bala. 8p + cartes.

LALBA A. et DICKEY J., 1994 – Complémentation de vaches allaitantes à base de tourteaux de coton pour l'amélioration de leur productivité en saison sèche dans l'Ouest du Burkina Faso. *Recherche Intégrée en Production Agricole, et en Gestion des Ressources Naturelles : projet d'Appui à la Recherche et à la Formation Agricoles (ARTS), Burkina Faso, 1990-1994. Purdue University et Winrock international* 202-211.

LENDRES P., 1992 - Pratiques paysannes et utilisation des intrants en culture cotonnière au Burkina Faso. Mémoire d'ingénieur tropical. CNEARC, Montpellier, 80P.

MARCHAL A., 1949 – Les conséquences du labour à la charrue dans les sols légers sahéliens. *Bulletin Agricole du Congo Belge, Volume XL n°2 : 1999-2003.*

MARILENE C. H., 1999 – soil acidification : mythe or reality ? *finding common ground. LEISA , 24-25.*

MAYNE et VERMOESEN, 1941 – Le coton au Congo belge. *Bulletin agricole du Congo belge. Volume XXXII, n°3, Bruxelles, 383P.*

MOURIFIE K., 1993 - Contribution à l'analyse de la motorisation conventionnelle dans l'ouest du Burkina Faso - Thèse de doctorat 3ème cycle, CNEARC, Montpellier, 87P.

NIKIEMA P., 1991 - Etude préliminaire à l'aménagement de la forêt classée de Niouma. Inventaire forestier et élaboration d'un tarif peuplement pour l'estimation du volume bois de feu sur pieds; Province du Passoré. Mémoire IDR, Université de Ouagadougou.

PAN/LCD, 1999 – Programme d'Action de Lutte Contre la Désertification. Burkina Faso, 92P.

PARRY G., 1982- Le cotonnier et ses produits. Paris, 502p.

PERON Y., ZALACAIN V., LACLAVERE G. et al., 1975 - Atlas de la Haute-volta. Ed. J. A., 47P.

PNUE, 1992- Savons notre planète. L'état de l'environnement, 1972-1992. Défis et espoirs. GCSS III/2, Nairobi, 218P.

POULAIN J. F., 1976 - Bilan de la fertilisation potassique en Haute-Volta avec référence particulière aux cultures vivrières. IRAT Haute-Volta. 32P.

POULAIN J. F., 1976 - Quelques observations sur les fumures minérales proposées à la vulgarisation. IRAT Haute-Volta, 10P.

POULAIN J.F., 1976 - Quelques observations sur les fumures minérales proposées par la vulgarisation. IRCT Haute-Volta, 10p.

PROGRAMME COTON, 1986 - Fiches techniques sur la culture cotonnière au Burkina Faso, Bobo-Dioulasso, 27p.

PROGRAMME COTON/IRCT, 1987 - Recherche d'accompagnement réalisée pour le projet Motorisation Intermédiaire. Bobo-Dioulasso, 79P + annexes.

RENARD P.J.J., 1947 - Quelques considérations sur la régénération des sols de savane. *Bulletin agricole du Congo Belge - VOL. XXXVIII n°3, Bruxelles : 627-632.*

RICHARD L., 1982- Rapport de mission en Haute-Volta. Montpellier, 26P.

ROBINS E., 1994 - La gestion de l'arbre dans les systèmes de production dans le village de Thiougou sur le plateau central, Burkina Faso. *Recherche Intégrée en Production Agricole, et en Gestion des Ressources Naturelles : projet d'Appui à la Recherche et à la Formation Agricoles (ARTS), Burkina Faso, 1990-1994. Purdue University et Winrock international 239-249.*

ROGIER N. et LYON-CAEN A., 1949 - La culture mécanisée de l'arachide et la conservation des sols dans la région schisto-calcaire du Moyen-Congo. *Bulletin Agricole du Congo Belge, Volume XL n°2 : 2010-2028.*

ROOSE E., 1984 - Erosion et conservation des sols. *Association Française pour Etude des Sols, AFES, Livre jubilaire du cinquantenaire 1934-1984, Paris, 323-324.*

SANFO D. et KABORE E., 1999- Amélioration variétale du cotonnier. Bilan de dix années de recherches. Ouagadougou, 6P+annexes.

SANFO D., 1997- synthèse des résultats en amélioration variétale dans le cadre de ARC II (1993-1996)., Ouagadougou, 3P.

SCHWARTZ A., 1991 - Exploitation agricole de l'aire cotonnière burkinabé : caractérisations sociologiques, démographiques, économiques. Document de travail, ORSTOM Ouagadougou, 88P.

SCHWARTZ A., 1993 - Brève histoire de la culture du coton au Burkina Faso. ORSTOM, 19P + annexes.

SEGDA Z., 1995 - Projet de recherche. Etude, amélioration et gestion de la jachère en Afrique tropicale. INERA Farako-Bâ, Bobo-Dioulasso,

SOFITEX, 1981 - Culture motorisée dans l'Ouest Volta. Rapport annuel, Bobo-Dioulasso, 74p.

SOFITEX, 1982 - Culture motorisée dans l'Ouest Volta. Rapport annuel, Bobo-Dioulasso, 70p.

SOFITEX, 1999 - Evolution production coton graine de 1970 à 1999. Bobo-Dioulasso, 2p.

SOME N.A., 1996 - Les systèmes post-cultureux de la zone soudanienne (Burkina Faso) : structure spatio-temporelle des communautés et évolution des caractères pédologiques. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris, 212P + annexes

TAITA P., 1997 - Contribution à l'étude de la flore et de la végétation de la Réserve de la Biosphère de la Mare aux Hippopotames (Bala, Ouest du Burkina Faso). Thèse de doctorat, Université de Ouagadougou, 201p.

TAONDA S., DICKEY J., SEDOGO P., SANON K., 1994 - Caractérisation des systèmes sol-plante dans les champs de brousse en zone tropicale nord-soudanienne au Burkina Faso. Partie I : évolution physico-chimique des sols sous culture. *Recherche Intégrée en Production Agricole, et en Gestion des Ressources Naturelles : projet d'Appui à la Recherche et à la Formation Agricoles (ARTS), Burkina Faso, 1990-1994. Purdue University et Winrock international 60-71.*

THIOMBIANO M., 1999 - Politique agricole du Ministère de l'Agriculture. *Communication, séminaire sur la formation à l'IDR, 21, 22, 23 octobre à Nasso.*

TIQUET J., 1985 - Les arbres de brousse au Burkina Faso. CESAO, collection appui au monde rural. Bobo-Dioulasso, 95p.

TOUTAIN F., 1984 – Biologie des sols. *Association Française pour Etude des Sols, AFES, Livre jubilaire du cinquantenaire 1934-1984, Paris, 253-271.*

TRAORE O., 1998 - Etude de la valeur fertilisante phosphatée des composts. EPFZ n° 12903, Thèse de doctorat, EPFZ, Zürich, Suisse, 114P.

TRAORE K., 1995 – Enquêtes sur les pratiques paysannes.

UNESCO, 1983 - Ecosystèmes Forestiers Tropicaux d'Afrique. Recherche sur les ressources naturelles n° XIX, 473P.

VON MAYDELL H.J., 1983 - Arbres et arbustes du Sahel. Leurs caractéristiques et leurs utilisations. GTZ n°147, Eschborne, 531p.

YAMEOGO M., 1993 – Les migrations agricoles : un fléau de l'environnement. *Arbres et Développement n°5, 3<sup>ème</sup> trimestre, 4-5.*

YAMEOGO. G, 1997 – Etude diagnostique de la flore, de la végétation et du sol de jachère d'âge, dans le terroir de Thiougou. (Burkina Faso). DEA en écologie tropicale, Université d'Abidjan, 90P.

ANNEXE1 : Contrôle de la densité arborée dans les champs



Photo1 : Elimination des grands arbres par l'usage du feu (*Vitellaria paradoxa*)

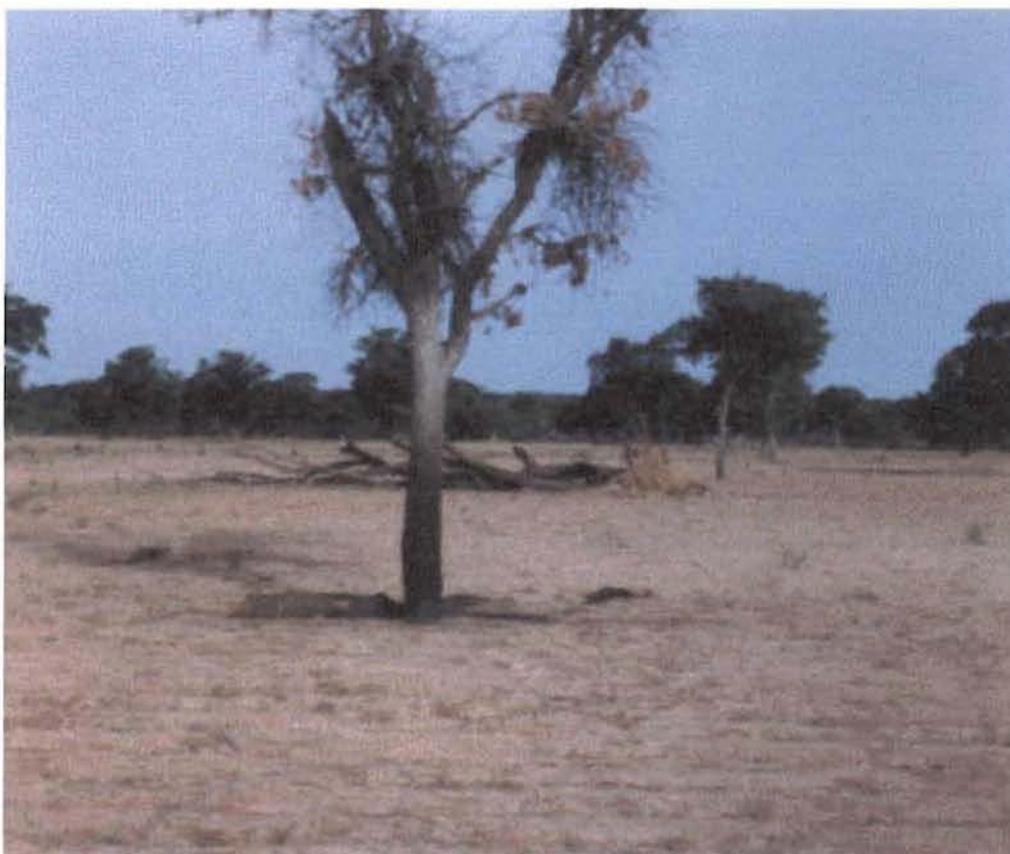


Photo n°2 : *Vitellaria Paradoxa* morte par brûlure du tronc



Photo n°3 : Aperçu de la végétation ligneuse d'un plateau installé au sein de la formation de référence (Forêt classée de la Mare aux Hippopotames)



Photo n°4 : Aperçu de la végétation d'une parcelle en jachère

## ANNEXE 2 : Composition moyenne du fumier

Composition	Matière organique	Azote total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
% de matière sèche	18,6-60	1,03	0,48	1,49	0,92	0,88

Source : DAKOUO, 1994

## ANNEXE 3: Genres et familles des espèces recensées

N° d'ordre	Familles	Genres et espèces
1	<i>Anacardiaceae</i> (2 genres, 4 espèces)	<i>Heeria insignis</i> (Del.) O. Kze. <i>Lannea acida</i> A. Rich. <i>Lannea microcarpa</i> Engl. et Kr. <i>Lannea velutina</i> A. Rich.
2	<i>Annonaceae</i> (1 genre, 1 espèce)	<i>Annona senegalensis</i> Pers.
3	<i>Apocynaceae</i> (1 genre, 1 espèce)	<i>Saba senegalensis</i> A. Dc.)
4	<i>Bignoniaceae</i> (1 genre, 1 espèce)	<i>Stereospermum kunthianum</i> Cham.
5	<i>Bombacaceae</i> (2 genres, 2 espèces)	<i>Adansonia digitata</i> L. <i>Bombax costatum</i> Pell. et Vuill.
6	<i>Borraginaceae</i> (1 genre, 1 espèce)	<i>Cordia myxa</i> L.
7	<i>Capparidaceae</i> (2 genres, 2 espèces)	<i>Boscia</i> spp. <i>Capparis corymbosa</i> Lam.
8	<i>Cesalpiniaceae</i> (6 genres, 7 espèces)	<i>Burkea africana</i> Hook. <i>Cassia sieberiana</i> Dc. <i>Daniellia oliveri</i> (R.) Hutch. et Dalz. <i>Detarium microcarpum</i> G. et Perr. <i>Maytenus senegalensis</i> (Lam.) Exell. <i>Piliostigma reticulatum</i> (Dc.) Hochst. <i>Piliostigma thonningii</i> (Sch.) Miln. - Redh.
9	<i>Chrysobalanaceae</i> (1 genre, 1 espèce)	<i>Parinari exelsa</i> Sabine
10	<i>Cochlospermaceae</i> (2 genres, 2 espèces)	<i>Cochlospermum planchonii</i> Hook. <i>Cochlospermum tinctorium</i> A. Rich.
11	<i>Combretaceae</i> (4 genres, 9 espèces)	<i>Pteleopsis suberosa</i> Engel. et Diels. <i>Combretum ghasalense</i> Engl. et Diels. <i>Combretum glutinosum</i> Perr. <i>Combretum molle</i> R.Br. <i>Combretum nigricans</i> Lepr. <i>Guiera senegalensis</i> J.F.Gmol. <i>Terminalia avicennoides</i> G. et Perr. <i>Terminalia laxiflora</i> Engel. <i>Terminalia macroptera</i> G. et Perr.
12	<i>Ebenaceae</i> (1 genre, 1 espèce)	<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst.
13	<i>Euphorbiaceae</i> (2 genres, 2 espèces)	<i>Hymenocardia acida</i> Tul. <i>Securinega virosa</i> (Roxb.) Baill.
14	<i>Loganiaceae</i> (2 genres, 2 espèces)	<i>Strychnos spinosa</i> Lam. <i>Strychnos innocua</i>
15	<i>Meliaceae</i> (1 genre, 1 espèce)	<i>Azadirachta indica</i>

N° d'ordre	Familles	Genres et espèces
16	<i>Mimosaceae</i> (5 genres ,8 espèces)	<i>Acacia albida</i> Del. <i>Acacia dudgeoni</i> Craib. <i>Acacia macrostachya</i> Reich. ex. Benth <i>Acacia seyal</i> Del. <i>Dichrostachys glomerata</i> (Forsk.) <i>Entada africana</i> G. et Perr. <i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) Dc. <i>Prosopis africana</i> (G. et Perr.) Taub.
17	<i>Moraceae</i> (1 genre, 1 espèce)	<i>Ficus spp.</i>
18	<i>Olocaceae</i> (1 genre, 1 espèce)	<i>Ximena americana</i> L.
19	<i>Papilionaceae</i> (3 genres, 4 espèces)	<i>Afromorsia laxiflora</i> (Benth.) Harms. <i>Ostryoderris stuhlmanii</i> Taub. Dunn. <i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir. <i>Pterocarpus lucence</i> Lepr.
20	<i>Polygalaceae</i> (1 genre, 1 espèce)	<i>Securidaca longipedunculata</i> Fers.
21	<i>Rosaceae</i> (1 genre, 1 espèce)	<i>Parinari exelsa</i> Sabine
22	<i>Rubiaceae</i> (3 genres, 4 espèces)	<i>Crossopterix febrifuga</i> (Afz.) Benth <i>Feretia apodanthera</i> Del. <i>Gardenia erubescens</i> Stapf. <i>Gardenia ternifolia</i> K. Schum.
23	<i>Sapotaceae</i> (1 genre, 1 espèce)	<i>Vitellaria paradoxa</i> Gaerth.
24	<i>Sterculiaceae</i> (1 genre, 1 espèce)	<i>Sterculia setigera</i> Del.
25	<i>Tiliaceae</i> (1 genre, 1 espèce)	<i>Grewia bicolor</i> Juss.
26	<i>Verbanaceae</i> (1 genre, 2 espèces)	<i>Vitex doniana</i> Sw. <i>Vitex diversifolia</i>

ANNEXE 4: Résultats détaillés de l'analyse des sols en azote, en phosphore et en potassium

Horizons	Equipt.	Durée de cult.	N-TOTAL (g/kg)	P-TOTAL (mg/kg)	K-TOTAL (mg/kg)
(00 - 20cm)	GA	15 à 20 ans	0,23	189,25	268,28
(20 - 40cm)	GA	15 à 20 ans	0,25	115,69	771,79
(00 - 20cm)	GA	> à 20 ans	0,24	96,35	453,28
(20 - 40cm)	GA	> à 20 ans	0,22	115,69	549,81
(00 - 20cm)	GA	< 10 ans	0,20	60,23	380,09
(20 - 40cm)	GA	< 10 ans	0,22	97,31	430,70
(00 - 20cm)	GA	< 10 ans	0,19	61,13	456,88
(20 - 40cm)	GA	< 10 ans	0,22	134,75	351,23
(00 - 20cm)	GA	15 à 20 ans	0,05	121,63	199,99
(20 - 40cm)	GA	15 à 20 ans	0,10	305,51	294,74
(00 - 20cm)	GA	< 10 ans	0,29	166,78	454,91
(20 - 40cm)	GA	< 10 ans	0,14	192,49	386,55
(00 - 20cm)	GA	< 10 ans	0,21	121,03	313,49
(20 - 40cm)	GA	< 10 ans	0,19	213,57	335,35
(00 - 20cm)	Ma	> à 20 ans	0,18	143,20	774,35
(20 - 40cm)	Ma	> à 20 ans			
(00 - 20cm)	Ma	15 à 20 ans	0,09	330,13	432,23
(20 - 40cm)	Ma	15 à 20 ans	0,10	168,44	1119,17
(00 - 20cm)	Ma	< 10 ans	0,25	143,90	737,76
(20 - 40cm)	Ma	< 10 ans	0,26	144,62	1005,35
(00 - 20cm)	Ma	15 à 20 ans	0,55	362,62	1162,96
(20 - 40cm)	Ma	15 à 20 ans	0,23	405,41	1599,95
(00 - 20cm)	Ma	< 10 ans	0,72	419,89	1267,62
(20 - 40cm)	Ma	< 10 ans	0,33	344,22	1261,38
(00 - 20cm)	Mo	> à 20 ans	0,10	169,28	441,23
(20 - 40cm)	Mo	> à 20 ans	0,14	121,63	680,50
(00 - 20cm)	Mo	15 à 20 ans	0,15	121,63	348,88
(20 - 40cm)	Mo	15 à 20 ans	0,24	99,14	568,26
(00 - 20cm)	Mo	> à 20 ans	0,11	159,42	398,81
(20 - 40cm)	Mo	> à 20 ans	0,18	161,80	590,30
(00 - 20cm)	Mo	> à 20 ans	0,22	68,54	501,66
(20 - 40cm)	Mo	> à 20 ans	0,18	104,49	44,51
(00 - 20cm)	Mo	15 à 20 ans	0,13	177,73	340,05
(20 - 40cm)	Mo	15 à 20 ans	0,17	179,49	699,46
(00 - 20cm)	Mo	15 à 20 ans	0,10	31,71	524,04
(20 - 40cm)	Mo	15 à 20 ans	0,06	50,29	570,42
(00 - 20cm)	Mo	< 10 ans	0,31	85,67	734,22
(20 - 40cm)	Mo	< 10 ans	0,30	109,87	949,67
(00 - 20cm)	Mo	< 10 ans	0,30	155,02	660,04
(20 - 40cm)	Mo	< 10 ans	0,29	85,25	697,80
(00 - 20cm)	PA	> à 20 ans	0,29	116,85	429,54
(20 - 40cm)	PA	> à 20 ans	0,35	77,38	523,21
(00 - 20cm)	PA	15 à 20 ans	0,19	135,42	697,49
(20 - 40cm)	PA	15 à 20 ans	0,26	135,42	527,97
(00 - 20cm)	PA	< 10 ans	0,35	115,69	620,20
(20 - 40cm)	PA	< 10 ans	0,30	135,42	599,06
(00 - 20cm)	PA	< 10 ans	0,07	122,85	571,10
(20 - 40cm)	PA	< 10 ans	0,16	192,49	625,79
(00 - 20cm)	PA	< 10 ans	0,18	87,46	477,65
(20 - 40cm)	PA	< 10 ans	0,31	124,01	613,75
Horizons	Equipement	Durée de culture	N-TOTAL (g/kg)	P-TOTAL (mg/kg)	K-TOTAL (mg/kg)
(00 - 20cm)	PA	> à 20 ans	0,22	68,54	475,29
(20 - 40cm)	PA	> à 20 ans	0,14	159,42	398,81
(00 - 20cm)	Référence	0	0,40	121,63	653,43
(20 - 40cm)	Référence	0	0,30	190,59	802,32
(00 - 20cm)	Jachère	0	0,31	150,98	362,15
(20 - 40cm)	Jachère	0	0,29	245,63	454,61

ANNEXE 5: Résultats détaillés de l'analyse des sols pour le pH et le carbone organique

Horizons	Niv d'équip.	Durée de cult.	moy.pH eau	moy.pH KCl	variation pH	Carbone (g/kg)	MO %
(00 - 20cm)	Ja	0	5,3	5,1	0,2	0,5	0,9
(00 - 20cm)	Ja	0	5,5	4,8	0,7	4,1	0,7
(20 - 40cm)	Ja	0	4,8	4,5	0,3	0,4	0,6
(20 - 40cm)	Ja	0	5,3	4,3	1,0	3,2	0,6
(00 - 20cm)	G.A	< 10 ans	4,8	4,4	0,4	0,3	0,5
(00 - 20cm)	G.A	< 10 ans	5,4	5,1	0,3	0,5	0,8
(00 - 20cm)	G.A	< 10 ans	5,1	4,5	0,6	0,1	0,2
(00 - 20cm)	G.A	< 10 ans	4,4	4,0	0,4	0,9	1,5
(00 - 20cm)	G.A	< 10 ans	5,2	4,7	0,4	3,6	0,6
(00 - 20cm)	G.A	< 10 ans	5,2	4,7	0,5	4,3	0,7
(20 - 40cm)	G.A	< 10 ans	4,6	4,2	0,4	0,4	0,7
(20 - 40cm)	G.A	< 10 ans	4,6	4,2	0,4	0,4	0,7
(20 - 40cm)	G.A	< 10 ans	4,5	4,0	0,5	0,5	0,8
(20 - 40cm)	G.A	< 10 ans	4,1	3,5	0,6	0,6	1,0
(20 - 40cm)	G.A	< 10 ans	5,1	4,3	0,7	3,6	0,6
(20 - 40cm)	G.A	< 10 ans	5,2	4,2	1,0	3,5	0,6
(00 - 20cm)	G.A	> 20 ans	5,1	4,8	0,3	0,6	0,9
(00 - 20cm)	G.A	> 20 ans	5,1	4,1	1,0	2,5	0,4
(00 - 20cm)	G.A	> 20 ans	5,1	4,7	0,5	4,1	0,7
(20 - 40cm)	G.A	> 20 ans	4,8	4,6	0,3	0,5	0,8
(20 - 40cm)	G.A	> 20 ans	5,0	4,1	0,9	2,8	0,5
(20 - 40cm)	G.A	> 20 ans	5,1	4,4	0,7	3,3	0,6
(00 - 20cm)	G.A	10-15ans	5,1	4,7	0,4	3,5	0,6
(00 - 20cm)	G.A	10-15ans	5,0	4,5	0,6	3,0	0,5
(00 - 20cm)	G.A	10-15ans	5,5	5,2	0,4	9,4	1,6
(00 - 20cm)	G.A	10-15ans	5,1	4,4	0,7	4,1	0,7
(00 - 20cm)	G.A	10-15ans	5,6	4,9	0,7	5,4	0,9
(20 - 40cm)	G.A	10-15ans	5,3	4,6	0,7	3,5	0,6
(20 - 40cm)	G.A	10-15ans	5,0	4,3	0,7	2,7	0,5
(20 - 40cm)	G.A	10-15ans	5,5	4,8	0,7	6,4	1,1
(20 - 40cm)	G.A	10-15ans	5,1	4,4	0,7	3,8	0,7
(20 - 40cm)	G.A	10-15ans	5,5	4,6	0,9	4,7	0,8
(00 - 20cm)	G.A	15-20ans	5,0	4,9	0,1	0,5	0,9
(00 - 20cm)	G.A	15-20ans	4,5	4,0	0,4	0,5	0,8
(00 - 20cm)	G.A	15-20ans	5,8	5,2	0,5	4,1	0,7
(00 - 20cm)	G.A	15-20ans	4,9	4,5	0,5	4,0	0,7
(20 - 40cm)	G.A	15-20ans	4,9	4,7	0,2	0,5	0,8
(20 - 40cm)	G.A	15-20ans	4,7	4,2	0,5	0,4	0,7
(20 - 40cm)	G.A	15-20ans	5,5	4,8	0,7	4,2	0,7
(20 - 40cm)	G.A	15-20ans	5,3	4,5	0,7	3,3	0,6
(00 - 20cm)	Ma	< 10 ans	5,5	4,8	0,8	0,7	1,1
(00 - 20cm)	Ma	< 10 ans	5,4	4,5	0,9	1,7	2,9
(00 - 20cm)	Ma	< 10 ans	5,4	4,5	0,9	4,5	0,8
(00 - 20cm)	Ma	< 10 ans	5,5	4,8	0,6	7,7	1,3
(00 - 20cm)	Ma	< 10 ans	5,1	4,5	0,7	5,5	0,9
(20 - 40cm)	Ma	< 10 ans	4,7	4,3	0,4	0,5	0,8
(20 - 40cm)	Ma	< 10 ans	5,0	4,4	0,6	1,2	1,9
(20 - 40cm)	Ma	< 10 ans	5,2	4,1	1,2	2,8	0,5
(20 - 40cm)	Ma	< 10 ans	5,3	4,3	0,9	7,2	1,2
(20 - 40cm)	Ma	< 10 ans	5,1	3,9	1,2	4,0	0,7
(00 - 20cm)	Ma	> 20 ans	5,2	4,3	0,9	0,7	1,2
(00 - 20cm)	Ma	> 20 ans	5,0	4,1	0,9	4,8	0,8
(00 - 20cm)	Ma	> 20 ans	5,6	4,8	0,7	5,5	0,9
(20 - 40cm)	Ma	> 20 ans	5,2	4,8	0,5	0,5	0,8
(20 - 40cm)	Ma	> 20 ans	5,4	4,0	1,4	3,9	0,7

Horizons	Niv d'équip.	Durée de cult.	moy.pH eau	moy.pH KCl	variation pH	Carbone (g/kg)	MO %
( 20 - 40cm)	Ma	> 20 ans	5,9	5,0	0,9	2,9	0,5
( 00 - 20cm)	Ma	15-20ans	5,1	4,3	0,8	0,7	1,2
( 00 - 20cm)	Ma	15-20ans	5,8	4,6	1,1	1,4	2,4
( 00 - 20cm)	Ma	15-20ans	5,7	4,9	0,9	6,2	1,1
( 00 - 20cm)	Ma	15-20ans	4,9	4,3	0,6	2,2	0,4
( 20 - 40cm)	Ma	15-20ans	5,3	4,5	0,9	0,5	0,8
( 20 - 40cm)	Ma	15-20ans	6,0	5,6	0,4	1,2	2,0
( 20 - 40cm)	Ma	15-20ans	5,7	4,9	0,8	3,5	0,6
( 20 - 40cm)	Ma	15-20ans	5,1	4,2	1,0	2,3	0,4
( 00 - 20cm)	Mo	< 10 ans	4,8	4,5	0,3	0,6	0,9
( 00 - 20cm)	Mo	< 10 ans	4,8	4,4	0,4	0,5	0,9
( 00 - 20cm)	Mo	< 10 ans	5,2	4,7	0,5	5,7	1,0
( 20 - 40cm)	Mo	< 10 ans	4,8	4,0	0,8	0,5	0,9
( 20 - 40cm)	Mo	< 10 ans	5,3	4,3	1,0	0,4	0,7
( 20 - 40cm)	Mo	< 10 ans	5,5	4,6	0,9	4,6	0,8
( 00 - 20cm)	Mo	> 20 ans	5,1	4,5	0,6	0,4	0,7
( 00 - 20cm)	Mo	> 20 ans	5,2	4,7	0,5	0,3	0,5
( 00 - 20cm)	Mo	> 20 ans	4,9	4,0	0,9	0,4	0,7
( 20 - 40cm)	Mo	> 20 ans	4,9	4,5	0,5	0,6	1,0
( 20 - 40cm)	Mo	> 20 ans	5,2	4,4	0,8	0,3	0,5
( 20 - 40cm)	Mo	> 20 ans	5,3	4,9	0,4	0,3	0,5
( 00 - 20cm)	Mo	15-20ans	5,1	4,6	0,5	0,7	1,1
( 00 - 20cm)	Mo	15-20ans	4,9	3,9	1,0	0,4	0,7
( 00 - 20cm)	Mo	15-20ans	4,8	4,1	0,7	0,4	0,6
( 00 - 20cm)	Mo	15-20ans	5,1	4,3	0,7	2,6	0,5
( 20 - 40cm)	Mo	15-20ans	5,2	4,6	0,6	0,3	0,6
( 20 - 40cm)	Mo	15-20ans	4,7	3,9	0,8	0,3	0,5
( 20 - 40cm)	Mo	15-20ans	4,8	4,2	0,6	0,3	0,5
( 20 - 40cm)	Mo	15-20ans	5,3	4,2	1,1	3,3	0,6
( 00 - 20cm)	P.A	< 10 ans	5,4	4,9	0,5	0,5	0,9
( 00 - 20cm)	P.A	< 10 ans	5,4	4,7	0,7	0,5	0,8
( 00 - 20cm)	P.A	< 10 ans	5,5	4,6	0,9	0,6	1,0
( 20 - 40cm)	P.A	< 10 ans	5,5	5,2	0,3	0,3	0,6
( 20 - 40cm)	P.A	< 10 ans	4,6	4,2	0,5	0,5	0,8
( 20 - 40cm)	P.A	< 10 ans	5,0	4,1	0,9	0,6	1,0
( 00 - 20cm)	P.A	> 20 ans	5,2	4,8	0,4	0,4	0,6
( 00 - 20cm)	P.A	> 20 ans	5,2	4,6	0,6	0,3	0,6
( 00 - 20cm)	P.A	> 20 ans	5,5	5,1	0,4	4,9	0,8
( 00 - 20cm)	P.A	> 20 ans	5,3	4,6	0,7	3,4	0,6
( 00 - 20cm)	P.A	> 20 ans	5,5	5,1	0,4	6,6	1,1
( 20 - 40cm)	P.A	> 20 ans	5,4	5,0	0,5	0,3	0,5
( 20 - 40cm)	P.A	> 20 ans	5,2	4,7	0,6	0,3	0,6
( 20 - 40cm)	P.A	> 20 ans	5,6	5,1	0,5	3,2	0,6
( 20 - 40cm)	P.A	> 20 ans	5,2	4,4	0,7	2,9	0,5
( 20 - 40cm)	P.A	> 20 ans	5,8	5,1	0,7	3,3	0,6
( 00 - 20cm)	P.A	15-20ans	5,2	4,9	0,4	0,4	0,7
( 00 - 20cm)	P.A	15-20ans	5,2	4,6	0,6	3,1	0,5
( 00 - 20cm)	P.A	15-20ans	5,2	4,6	0,7	3,4	0,6
( 20 - 40cm)	P.A	15-20ans	5,0	4,7	0,3	0,3	0,5
( 20 - 40cm)	P.A	15-20ans	5,4	4,4	1,0	2,5	0,4
( 20 - 40cm)	P.A	15-20ans	5,2	4,5	0,7	2,8	0,5
( 00 - 20cm)	Réf.2	0	5,1	4,2	1,0	0,7	1,2
( 20 - 40cm)	Réf.2	0	5,0	3,8	1,2	0,7	1,1
( 00 - 20cm)	Réf.1	néant	5,6	4,7	0,9	6,2	1,0
( 00 - 20cm)	Réf.1	néant	5,7	4,8	0,9	5,7	1,0
( 20 - 40cm)	Réf.1	néant	5,3	4,2	1,1	5,0	0,9
( 20 - 40cm)	Réf.1	néant	5,2	4,1	1,2	4,0	0,7

Annexe 6: Résultats détaillés de l'analyse granulométrique des sols (horizon 0-20 cm)

Durée cult.	Equipt.	% S	% L	% A	Texture	% L / % A	Structure
> à 20 ans	PA	81	12	7	Sable Limoneux	1,7	stable
15 à 20 ans	PA	88	8	4	Sable	1,78	stable
< 10 ans	PA	82	10	8	Sable Limoneux	1,17	stable
Jachère	Ja	76	12	12	Limon Très Sableux	0,96	stable
15 à 20 ans	GA	84	10	6	Sable Limoneux	1,54	stable
> à 20 ans	GA	81	12	8	Sable Limoneux	1,58	stable
< 10 ans	GA	82	14	4	Sable Limoneux	3,57	Instable (sol battant)
< 10 ans	GA	81	12	7	Sable Limoneux	1,75	stable
15 à 20 ans	GA	69	26	5	Limon Sableux	5,37	Instable (sol battant)
< 10 ans	GA	69	14	17	Limon Sableux	0,81	stable
< 10 ans	PA	71	14	15	Limon Très Sableux	0,93	stable
< 10 ans	GA	78	18	4	Sable limoneux	4,02	Instable (sol battant)
> à 20 ans	Mo	83	14	3	Sable Limoneux	5,07	Instable (sol battant)
15 à 20 ans	Mo	84	12	4	Sable Limoneux	3,19	Instable (sol battant)
Référence	réf	72	10	18	Limon Très Sableux	0,56	stable
> à 20 ans	Ma	70	18	12	Limon Sableux	1,48	stable
15 à 20 ans	Ma	70	20	10	Limon Très Sableux	2,04	stable
< 10 ans	Ma	75	20	5	Limon Très Sableux	2,7	Instable (sol battant)
15 à 20 ans	Ma	77	18	5	Sable Limoneux	3,46	Instable (sol battant)
< 10 ans	Ma	84	12	4	Sable Limoneux	3,37	Instable (sol battant)
< 10 ans	PA	79	10	11	Sable Limoneux	0,9	stable
> à 20 ans	PA	84	12	4	Sable Limoneux	2,67	Instable (sol battant)
> à 20 ans	Mo	85	8	7	Sable Limoneux	1,11	stable
> à 20 ans	Mo	83	12	5	Sable Limoneux	2,3	stable
15 à 20 ans	Mo	89	8	3	sable	2,63	Instable (sol battant)
15 à 20 ans	Mo	90	8	2	sable	3,22	Instable (sol battant)
< 10 ans	Mo	79	12	9	Sable Limoneux	1,32	stable
< 10 ans	Mo	81	10	9	Sable Limoneux	1,1	stable

ANNEXE 7 : Normes d'interprétation du BUNASOLS (1987) pour les appréciations qualitatives de quelques caractéristiques chimiques des sols du Burkina Faso sur les 40 premiers centimètres.

Classe (interprétation)	TRES BAS	BAS	MOYEN	ELEVE	TRES ELEVE
Matière organique (%)	< 0,5	0,5 à 1,0	1 à 2,0	2 à 3	> 3
Azote total (%)	< 0,02	0,02 à 0,06	0,06 à 0,10	0,10 à 0,14	> 0,14
Phosphore assimilable (ppm) (BRAY I)	< 5	5 à 10	10 à 20	20 à 30	> 30
Phosphore total (ppm)	< 100	100 à 200	200 à 400	400 à 600	> 600
Potassium disponible (ppm)	< 25	25 à 50	50 à 100	100 200	> 200
Potassium total (ppm)	< 500	500 à 1000	1000 à 2000	2000 à 4000	> 4000
C/N		< 12,5	12,5	> 12,5	

Classe	Extrêmement acide	Très fortement acide	Fortement acide	Moyennement acide	Faiblement acide	Légèrement acide à neutre	Légèrement alcalin	Fortement alcalin	Très fortement alcalin
pHeau	<4.5	4.6 à 5	5.1 à 5.5	5.6 à 6	6.1 à 7.3	7.4 à 7.8	7.9 à 8.4	8.5 à 9	>9