

Production durable du manioc (*Manihot esculenta*) à partir d'un dispositif agroforestier à base de *Gliricidia sepium* dans la région Centre du Bénin

6^è Edition de l'Atelier Scientifique National de la Recherche Agricole sur les filières agricoles pour la croissance économique et la sécurité alimentaire. Centre Guy Riobé à Parakou, Bénin, 8 & 9 décembre 2009.

Raphiou MALIKI¹, Siaka KODJO¹,

¹ Centre de Recherches Agricoles Centre de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (CRA-Centre/INRAB)

Résumé

Dans le but de promouvoir une production durable du manioc sur des terres dégradées, une étude a été conduite dans la région des Collines sur les sites de recherche développement portant sur les agro-forêts intégrant *Gliricidia sepium* et *Aeschynomene histrix*.

Le dispositif de l'essai est un bloc dispersé à 5 traitements : Témoin local (T0) ; application de 150 kg de N₁₃P₉K₂₇+5S+4Mgo(S) (E₀) ; application de 300 kg de N₁₃P₉K₂₇+5S+4Mgo(S) (E₁) ; précédent cultural Aeschynomene sur sole de *Gliricidia sepium* (G+Ae) et précédent cultural Aeschynomene sur sole de *Gliricidia sepium* avec application de 150 kg de N₁₃P₉K₂₇+5S+4Mgo(S) (G+Ae+ E₀). La variété de manioc (BEN 86052) a été testée. L'objectif de l'étude est d'évaluer les performances technico-économiques de ces systèmes en milieu paysan. Vingt producteurs ont abrité l'essai dans leur champ sur les sites de Miniffi et Gome au sud et Akpéro au nord des Collines. L'étude a révélé un effet positif des systèmes améliorés sur la pratique paysanne de production de manioc. Le traitement (G+Ae+ E₀) rivalise avec (E₁) (42 t/ha et 45 t/ha respectivement) dans la zone nord contre (28,4 t/ha et 30,2 t/ha) de matière fraîche dans la zone sud des Collines. Il en est de même pour les traitements "application de 150 kg de NPK (E₀)" et "précédent cultural Aeschynomene sur sole de *Gliricidia sepium* (G+Ae)"(30,4 t/ha et 27 t/ha) au nord contre (20,4 t/ha et 18,5 t/ha) au sud. Les valeurs de rendement du manioc des systèmes améliorés sont significativement différentes de celles des pratiques paysannes (12,1 t/ha et 18,2 t/ha) dans les deux zones au seuil de 5%.

L'évaluation financière établie suivant un horizon de planification de 4 ans a révélé que les systèmes (E₀ ; E₁ et G+Ae+E₀) sont économiquement attractifs du point de vue rémunération des facteurs de production (terre, travail et capital).

Mots clés : Bénin, gestion durable des ressources naturelles, manioc, profitabilité, recherche participative

1. Introduction

Le manioc, la source principale d'hydrate de carbone (glucides), est l'une des principales cultures pratiquées dans la région du Centre Bénin. Le manioc peut se cultiver sur des sols pauvres. Son expansion dans certaines régions est souvent une adaptation à la dégradation de la fertilité des sols qui ne permettent plus la culture de plantes plus exigeantes telle que l'igname. Ainsi, le caractère rustique de la culture

amène bon nombre de producteurs et productrices à produire du manioc sans fertilisation minérale et organique.

La culture du manioc fait depuis les dernières années objet de grande préoccupation au Bénin avec le lancement des programmes comme le Programme de Développement de la Filière Manioc (PDFM) et le Programme du Développement des Racines et Tubercules (PDRT). A l'instar des autres plantes féculentes à croissance rapide, le manioc est une culture épuisante des sols dans les systèmes de cultures de la région. Une étude réalisée au niveau de la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA) de l'Université d'Abomey Calavi (UAC) a révélé que pour une exportation de 20 tonnes de matière sèche par ha, le manioc tire du sol en moyenne, 120 kg/ha d'azote, 100 kg/ha de P₂O₅ et 200 kg de K₂O. Cependant, il a été prouvé que son association avec la culture du maïs permet d'accroître la production de cette dernière pour une densité de maïs de 40.000 pieds /ha (SAILD, 2001).

La dégradation et l'épuisement des sols, la faible restitution des éléments nutritifs exportés par les récoltes expliquent les problèmes de baisse et d'incertitude des rendements des cultures notamment du manioc dans la région des collines (Dugue et Floquet, 2000).

Pour remédier aux déficiences en éléments nutritifs des sols et améliorer le rendement des cultures, plusieurs systèmes agroforestiers valorisant la production *in situ* de la biomasse dont les cultures en couloirs ont été mis au point. Le bilan de la recherche sur l'agriculture en couloirs conduite en stations et en milieu réel a révélé un effet positif d'émondes de plusieurs essences agroforestières (*Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*,...) sur divers végétaux dont le manioc et le maïs (Kang et al., 1986 ; Akondé et al., 1986 ; Akondé et al., 2003). La difficulté de coupe des arbustes, la compétition entre arbustes et culture noble, la difficulté d'enfouissement des émondes, la perte de surface induite par les arbustes constituent entre autres les principales contraintes limitant l'adoption des systèmes de culture en couloirs (Adégbola et al., 1998, Maliki et al., 2000).

Sur la base de ces contraintes, l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) à travers la Recherche-Développement du Centre de Recherches Agricoles Centre (CRA-Centre) développe avec les producteurs/productrices de la région des Collines, un nouveau dispositif agroforestier " agro-forêt" à base de *Gliricidia sepium* et autres essences agroforestières à écartement lâche renforcé avec les légumineuses herbacées dont *Aeschynomene histrix*.

L'implantation des agro-forêts à écartement lâche réduirait la surface mobilisée par les arbres et la compétition entre arbustes et la culture noble. L'association culture annuelle et légumineuse herbacée dans une jachère arbustive de *Gliricidia* à faible densité permettrait d'accroître la quantité de biomasse à l'intérieur du système.

Le présent rapport porte sur l'évaluation des performances technico-économiques du système agroforestier intégrant le *Gliricidia sepium* et *Aeschynomene histrix* en combinaison avec les engrais minéraux pour la production du manioc (*Manihot esculenta*).

1.1. Objectif global

Contribuer à la sauvegarde des forêts et savanes et à la gestion durable des ressources naturelles au centre du Bénin.

1.2. Objectifs spécifiques

- Déterminer la production du manioc dans les systèmes intégrant le *Gliricidia sepium* et *Aeschynomene histrix*;
- Evaluer rentabilité financière des systèmes de cultures;

1.3. Hypothèses de recherche et cadre méthodologique

Hypothèse globale :

Le système agroforestier à base de *Gliricidia sepium* et *Aeschynomene histrix* en combinaison avec les engrais minéraux permet une production de manioc et une rentabilité financière supérieures à celles de la pratique paysanne.

Hypothèse 1 : Le système agroforestier à base de Gliricidia sepium et Aeschynomene histrix en combinaison avec les engrais minéraux est agronomiquement plus performante que la pratique locale;

Hypothèse 2 : Le système agroforestier à base de Gliricidia sepium et Aeschynomene histrix en combinaison avec les engrais minéraux rémunère mieux les facteurs de production (terre, travail, capital).

Le cadre analytique de la démarche adoptée est consigné dans le tableau 1.

Tableau 1: Cadre analytique d'investigation

Hypothèses	Variables	Indicateurs opérationnalisant les variables	Elément du dispositif d'investigation
1. Le système agroforestier à base de <i>Gliricidia sepium</i> et <i>Aeschynomene histrix</i> en combinaison avec les engrais minéraux est agronomiquement plus performante que la pratique locale.	Performance agronomique	<ul style="list-style-type: none">- Quantité de biomasse des légumineuses (t/ha)- Rendement du manioc et autres cultures (t/ha)	Ex. résultats d'expérimentation agricole Analyse statistique avec le statBox
2. Le système agroforestier à base de <i>Gliricidia sepium</i> et <i>Aeschynomene histrix</i> en combinaison avec les engrais minéraux rémunère mieux les facteurs	Performance économique	Temps de travail investi (H-J), Marge brute, Revenu du sol ou productivité de la terre (FCFA) Revenu/HJ ou productivité du travail (FCFA) Valeur Actualisée Nette	Ex. résultat d'expérimentation agronomique en milieu réel, collecte des données économiques et calcul de VAN

de production (terre, travail, capital).	(VAN) ou productivité du capital (FCFA)
--	---

2. Matériel et méthodes

2.1. Zones d'intervention

La région des Collines faisant l'objet de l'étude est caractérisée par une différenciation liée à la durée des occupations humaines et à la densité de peuplement: une zone de colonisation ou d'occupation ancienne (Dassa-Zoumé), et une zone d'occupation relativement récente (Ouessè) à pression démographique relativement faible.

La densité de peuplement et les mouvements migratoires saisonniers ou permanents ont une incidence prononcée sur l'état des ressources naturelles (sols, végétation, eaux, faune). Les activités des populations locales et les modes de prélèvement sur le stock des ressources ont entraîné durant ces dernières années des problèmes de dégradation qui fragilisent le milieu (humain et naturel).

Trois sites ont été retenus dans le cadre de cette étude : Miniffi et Gomé (occupation ancienne par les Mahis.....) et Akpéro (occupation récente par des Nagos). La zone jouit d'un climat de type soudano-guinéen. Elle constitue une zone de transition entre le sud à régime pluviométrique bimodal et le nord à régime pluviométrique monomodal. La pluviométrie moyenne annuelle est de 1200 mm avec une tendance à la baisse ces dernières années (fig. 1 et 2).

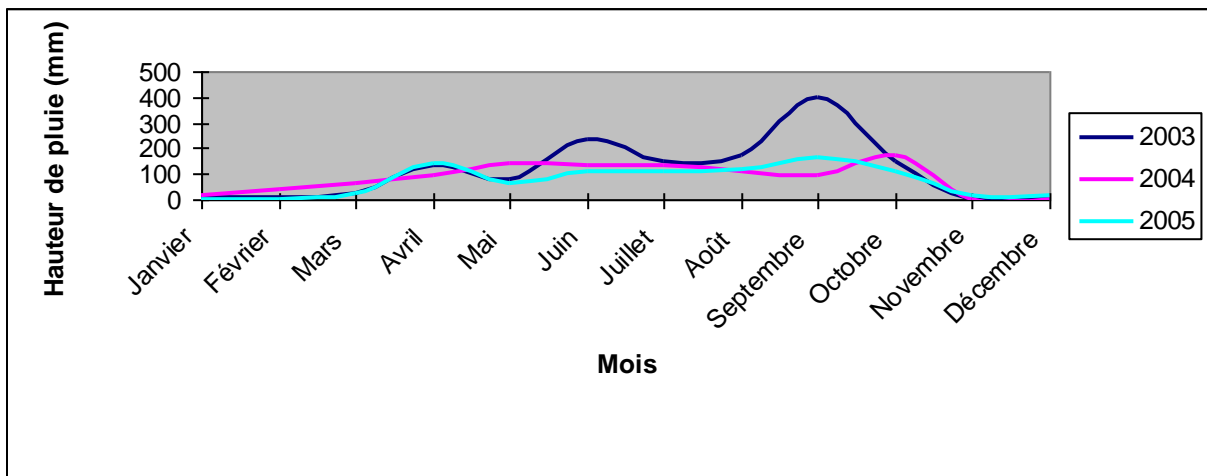


Figure 1 : Situation pluviométrique du site de Miniffi dans la Commune de Dassa-Zoumé (2003 à 2005)

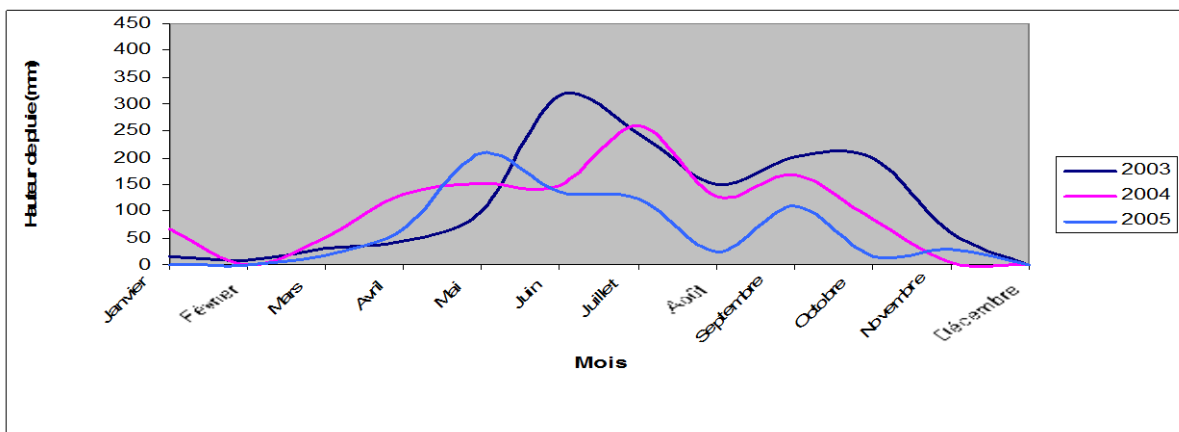


Figure 2 : Situation pluviométrique du site de Akpéro dans la Commune de Ouessè (2003 à 2005)

Les sols sont principalement des ferrugineux tropicaux sur socle cristallin relativement riches en éléments minéraux. Les propriétés physiques des sols sont variables selon leur teneur en argile (Agossou et *al.*, 2002). La végétation est de type savane arborée dégradée. Le maïs, l'arachide, le manioc, l'igname constituent les principales cultures vivrières. Le coton et l'anacardier constituent les principales cultures de rente.

2.2. Dispositif expérimental

Le dispositif concerne les systèmes culturaux avec arbustes de *Gliricidia* à écartement lâche 4 m x 4 m soit 625 arbustes à l'hectare et les systèmes culturaux sans arbustes de *Gliricidia* installés en champs paysans au sud (Miniffi, Gomé) et au Nord (Akpéro) . Il s'agit d'un dispositif de bloc dispersé à 5 traitements:

- Témoin local (T0)
- Application de 150 kg de N₁₃P₉K₂₇+5S+4Mgo(S) (E₀)
- Application de 300 kg de N₁₃P₉K₂₇+5S+4Mgo(S) (E₁)
- Précédent cultural *Aeschynomene* avec arbustes de *Gliricidia sepium* (G+Ae)
- Précédent cultural *Aeschynomene* avec arbustes de *Gliricidia sepium* + Application de 150 kg de NPK (G+Ae+ E₀)

Chaque champ constitue une répétition.

L'itinéraire technique succinct de la rotation *Aeschynomene histrix*-manioc sur sole de *Gliricidia sepium* combinée avec 150 kg de N₁₃P₉K₂₇+5 S+4Mgo(S) se présente comme suit:

Première année

- Fauchage et labour du champ en février- mars;
- Semis du maïs sur billon en avril;
- Sélection des semences viables de *Gliricidia* en les mettant dans l'eau, les graines flottantes sont isolées;
- Plantation en juin des semences de *Gliricidia* (planter les semences de *Gliricidia sepium* (2 à 3 graines) au champ dans une ancienne défriche au début juin suivant un écartement de 4 m x 4 m. On peut aussi utiliser les plantules en pot. Placer un pieu au niveau de chaque plantule;
- Sarcler le champ pour limiter la compétition des adventices;
- Ressemis de *Gliricidia* (au niveau des poquets manquants ;)
- Récolte de maïs;

Deuxième année

- Fauchage et labour du champ;
- Semis du maïs sur billon;
- Semis de *Aeschynomene histrix* dans le champ de maïs en association avec le *Gliricidia sepium* (deux à trois semaines après semis du maïs)
- (7 kg de semences de *Aeschynomene* à mélanger avec 7 "sogho" ou 21 kg de sable sec dans une proportion de (3/4 de sable sec et 1/4 de graines de *Aeschynomene*). Tracer des sillons d'au plus 3 cm de profondeur au flanc des billons).
- Sarclage du champ de maïs associé à *Aeschynomene* ;
- Récolte du maïs;
- Récolte des graines de *Aeschynomene* en décembre-janvier;

Troisième année

- Arrachage de *Aeschynomene* et confection des buttes ou billons (en incorporant les émondés de *Aeschynomene* et paille de maïs) en avril;
- Coupe des arbustes (trois coupes à 0,5 mètre du sol et élagages des arbustes en avril, juillet et octobre respectivement) ;
- Epandage à chaque coupe des branches de *Gliricidia* (sans élagage) entre les billons ou buttes;
- Plantation en mai des boutures de manioc (10.000 plants/ha);
- Sarclage du champ en juin;
- Epandage en poquet d'engrais (150 kg/ha de $N_{13}P_9K_{27}+5S+4Mgo(S)$) en juin ;
- Sarclage du champ de manioc en octobre;

Quatrième année

- Récolte du manioc ;
- Sarclo-billonnage;
- Semis maïs/soja/maïs
- etc.

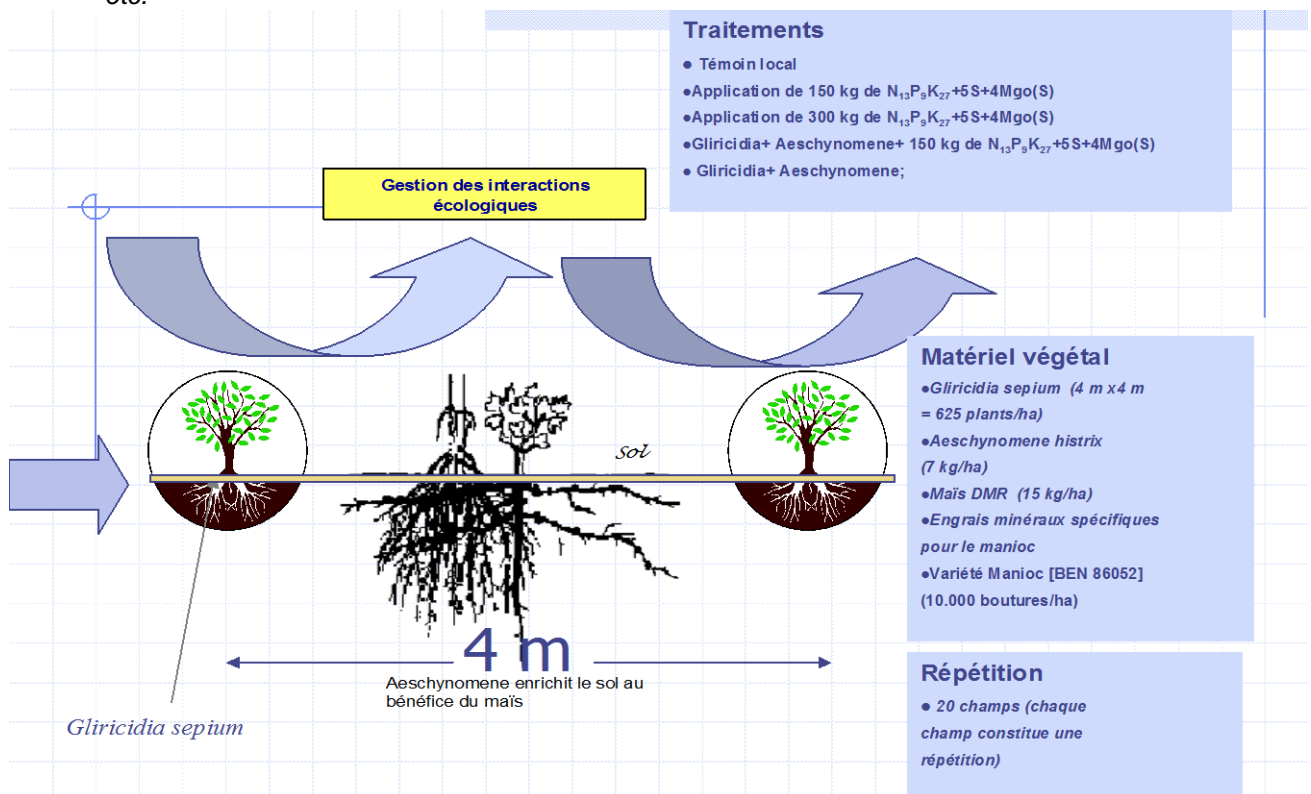


Figure 3 : Schéma du dispositif du maïs sur sole de *Gliricidia* en association avec *Aeschynomene* comme précédent cultural pour le manioc

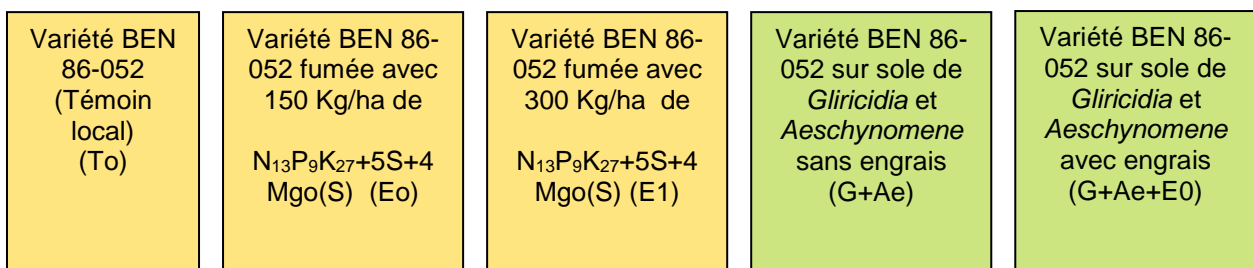


Figure 4 : Schéma du dispositif relatif aux différents traitements en champ paysan
Dimensions des parcelles élémentaires: 15 m x 15 m (= 225 m²)

Les traitements considérés sont en effet pratiqués dans une dynamique d'assolement rotation avec les cultures saisonnières (maïs et soja) au sud ; (maïs et arachide) au nord des Collines. Les boutures de manioc (variété BEN 86052) sont plantées au début de la première saison pluvieuse (mai 2003) respectant un écartement de 1,33 x 0,75 soit 10.000 plants/ha. Les itinéraires techniques suivis par les producteurs/productrices suivant un horizon de planification de 4 ans se présentent comme suit :

Tableau 2 : Les itinéraires techniques pratiqués par les testeurs suivant un horizon de planification de 4 ans

Année Traitement	Année 1 (2001)	Année 2 (2002)	Année 3 (2003)	Année 4 (2004)
T0	Maïs/(soja ou arachide)	Maïs/(soja ou arachide)	Manioc	Maïs/(soja ou arachide)
E0	Maïs/(soja ou arachide)	Maïs/(soja ou arachide)	Manioc+E0	Maïs/(soja ou arachide)
E1	Maïs/(soja ou arachide)	Maïs/(soja ou arachide)	Manioc+E1	Maïs/(soja ou arachide)
G+Ae	Maïs/(soja ou arachide)+G	G+Maïs/ Aeschynomene	Manioc+ G+Ae	Maïs/(soja ou arachide)+G
G+Ae+E0	Maïs/(soja ou arachide)+G	G+Maïs/ Aeschynomene	Manioc+ G+Ae+E0	Maïs/(soja ou arachide)+G

2.3. Observations et mesures :

2.3.1. Evaluation agronomique

Sur chaque sole de 400 m² du nouveau dispositif agroforestier à base de *Gliricidia sepium* et *Aeschynomene histrix*, la biomasse des arbustes de 3 à 4 ans a été évaluée. Trois coupes ont été effectuées 0,50 m au-dessus du sol à partir de la troisième année après installation. Après élagage des branches, les quantités de bois et d'émondés fraîches produites ont été pesées à chaque coupe. Des échantillons foliaires et ligneux ont été prélevés et séchés à l'étuve à 100°C pendant 3 jours au CRA-Centre.

- *Estimation de la quantité d'émondés produite*

La quantité d'émonde produite est donnée par la formule :

$$X_e = \frac{S \times N_p \times PS_e}{S_b}$$

X_e = Production des émondés (t/ha)

S = Surface (= 10000 m²)

N_p = Nombre d'arbustes sur la surface (S_0)

PS_e = Poids sec des émondés (t/ha)

S_b = Surface occupée par les arbustes (m²).

- *Estimation de la quantité de bois produite*

La quantité de bois produite est donnée par la formule:

$$X_b = \frac{S \times N_p \times PS_b}{S_b}$$

X_b = La production moyenne de bois (t/ha)

S = Surface (= 10000 m²)

PS_b = poids sec du bois (t/ha)

S_b = Surface occupée par les arbustes (m²)

N_p = Nombre d'arbustes sur la surface

- *Evaluation de la quantité d'émonde de Aeschynomene histrix*

Sur les mêmes parcelles, la quantité d'émonde de *Aeschynomene histrix* a été déterminée avant le billonnage des parcelles. Un cadre de 2 m² a été posé suivant les diagonales de la parcelle. Le poids frais d'émondés par cadre a été évalué. Un échantillon a été prélevé pour déterminer après séchage le poids sec.

$$Q_{M0} = \frac{(P_1 + P_2 + P_3 + P_4)}{4} \times \frac{PSER}{PFER} \times \frac{10000}{S}$$

Q_{M0} = Quantité d'émondés (t/ha)

P_1 = Poids frais d'émondés du cadre 1 (t)

P_2 = Poids frais d'émondés du cadre 2 (t)

P_3 = Poids frais d'émondés du cadre 3 (t)

P_4 = Poids frais d'émondés du cadre 4 (t)

$PFER$ = Poids frais échantillon d'émondés (g)

$PSER$ = Poids sec échantillon d'émondés (g)

S = Surface du cadre: 2 m²

La même procédure a été adoptée pour la détermination de la quantité de résidus de maïs (paille), de fanes d'arachide et de soja sur chaque sole.

- *Estimation du rendement en grains de maïs*

Les récoltes de maïs ont été effectuées sur trois lignes de la parcelle (la médiane et les quartiles de la parcelle). Le poids total des épis de maïs par ligne a été déterminé après avoir enlevé les spathes. Après un mélange, un échantillon de 15 épis a été prélevé. Les grains obtenus après égrenage des épis ont été pesés et leur teneur en eau a été déterminée à l'aide d'un humidimètre (HE 50 de marque Peuffer).

$$R_M = PFMEL \times \frac{100 - TE}{100} \times \frac{PFEG}{PFEE} \times N_{lha}$$

R_M = rendement de maïs (t/ha)

$PFMEL$ = Poids frais moyen épis par ligne (t)

TE = Teneur en eau des grains (par la méthode de l'humidimètre)

$PFEG$ = Poids frais échantillon grains (g)

$PFEE$ = Poids frais échantillon épis (g)

N_{lha} = Nombre de billon à l'hectare

- *Estimation du rendement en grains de maïs commercial dosant 15% d'humidité*

$$R_{rm} = R_M \times \frac{100}{85}$$

R_M = rendement de maïs (t/ha)

R_{rm} = rendement en grains de maïs dosant 15% d'humidité

R_{rm} est déterminé pour les évaluations économiques

Le maïs commercial renferme 15% d'humidité.

- *Estimation du rendement en grains du soja*

$$R_S = PFMSL \times \frac{100 - TE_s}{100} \times N_{lha} \times \frac{1}{1000}$$

R_S = Rendement en grains de soja (t ha⁻¹)

PFMEL= Poids frais moyen grains de soja par ligne (kg)

TE_s = Teneur en eau des grains de soja (par la méthode de l'humidimètre)

PFEG = Poids frais échantillon grains (g)

PFEE = Poids frais échantillon épis (g)

N_{lha} = Nombre de billon à l'hectare

- *Estimation du rendement en grains de l'arachide*

$$R_A = PFMAL \times \frac{100 - TE_a}{100} \times N_{lha} \times \frac{1}{1000}$$

R_A = Rendement en grains d'arachide (t ha⁻¹)

PFMEL= Poids frais moyen grains de l'arachide par ligne (kg)

TE_a = Teneur en eau des grains d'arachide (par la méthode de l'humidimètre)

PFEG = Poids frais échantillon grains (g)

PFEE = Poids frais échantillon épis (g)

N_{lha} = Nombre de billon à l'hectare

- *Estimation du rendement du manioc*

Sur chaque parcelle, les récoltes sont effectuées sur une surface utile de 100 m² (répétée de façon aléatoire 2 fois sur chaque parcelle élémentaire) et le poids frais total de manioc y afférent a été déterminé. Le rendement du manioc a été exprimé en t/ha de matière fraîche:

$$R_{Li} = PFTI \times \frac{S}{S_i}$$

R_{Li} = Rendement de l'igname (t/ha)

PFTI= Poids frais total moyen de l'igname récoltée (t) sur la surface utile

$S = 1$ ha (=10000 m²)

S_i = Surface utile (100 m²)

L'analyse de comparaison des moyennes de rendements a été réalisée avec le logiciel StatBox.

2.3.2. Evaluation économique

L'évaluation économique est établie sur un horizon de planification de 4 ans pour les différents traitements. Elle met en relief les produits et les charges opérationnelles (intrants et les travaux champêtres). Elle compare les valeurs actualisées de la pratique améliorée (réalisée dans un système d'assolement rotation avec les cultures annuelles tels que le maïs, le soja et l'arachide) à ceux des pratiques conventionnelles (dans les zones à faible et à forte pression foncière dans les Collines).

Dans la plupart des ménages enquêtés, la main d'œuvre familiale a été surtout mise à contribution pour la gestion des légumineuses.

Les indicateurs économiques suivants ont été pris en compte:

- Le produit brut annuel moyen prend en compte la valeur monétaire des vivriers et du bois (cas particulier des systèmes agroforestiers) (A);
- La charge des intrants concerne l'achat des semences et engrais (B) ;
- Les charges relatives aux travaux champêtres concernent les travaux de défrichage/fauchage, billonnage, sarclo-billonnage, sarclage, coupes des arbustes, récolte, etc. (C) ;
- Marge brute annuelle moyenne= (A)-(B);
- Productivité de la terre= Revenu net des systèmes/ha = (A)-(B)- (C);
- Productivité du travail familial=Revenu net/HJ;
- Productivité du capital =Revenu du capital ou Valeur Actualisée Nette (VAN);
- Indicateur de la rentabilité des investissements (Produit brut/coût variable).

Nous n'avons pas pris en compte ici les charges d'amortissement étant donné que les systèmes sont pratiqués sur des parcelles en cultures continues et les activités y afférentes sont relatives aux charges variables.

Par ailleurs, le système agroforestier (système pluriannuel) présente souvent des charges en début de cycle et des produits en fin de cycle. Or les producteurs ont une préférence pour des bénéfices immédiats par rapport à des bénéfices différés; donc additionner des coûts et bénéfices des années 1, 2, ... 4 sans correctif ne reflète pas la prise de décision.

Pour ce faire, pour le calcul de la valeur nette actualisée, on dévalue les bénéfices futurs par rapport aux bénéfices immédiats en se disant que si on avait un bénéfice aujourd'hui, il serait immédiatement investi et générerait des revenus additionnels (intérêts sur capital).

La valeur nette actualisée est donnée par la formule suivante:

$$VAN = \sum \frac{R_n}{(1+r)^n} - \sum \frac{D_n}{(1+r)^n}$$

VAN = Valeur nette actualisée

R_n = Revenus additionnels de l'année n

D_n = Dépenses additionnelles de l'année n

r = taux d'actualisation

Pour le calcul de VAN, il a été considéré un taux d'actualisation 3 % représentant environ le taux d'intérêt sur capital investi appliqué par la CLCAM.

3. Résultats et discussions

Les résultats de rendement avec les écarts types des précédents culturaux à base de maïs, arachide, soja dans les zones à forte (Gomé et Miniffi) et à pression démographique relativement faible (Akpéro) sont consignés dans le tableau 3.

Il ressort des résultats du tableau 3, que les rendements sont relativement faibles sur les sites de Miniffi et Gomé pour les précédents culturaux maïs, arachide et soja.

Le rendement en grains du maïs est de $(2,85 \pm 0,70 \text{ t/ha})$ de matière sèche sur le site de Akpéro au nord contre $(1,90 \pm 0,81 \text{ t/ha})$ sur les sites de Gomé et Miniffi au sud des Collines. Le maïs étant un indicateur de fertilité; il s'exprime mieux lorsque le sol est pourvu en éléments nutritifs et fait piètre figure lorsque le sol en est pauvre.

Tableau 3 : Rendements des précédents culturaux à base de céréale et légumineuses alimentaires

Rendements Site	Rendement en paille de maïs t/ha	Rendement en fane d'arachide t/ha	Rendement en fane de soja t/ha	Rendement en grains de maïs t/ha	Rendement en grains de soja t/ha	Rendement en grains d'arachide t/ha
Site de Akpéro au nord des Collines	$3,5 \pm 1,88$	$1,2 \pm 0,43$	-	$2,85 \pm 0,70$	-	$0,70 \pm 0,25$
Site de Miniffi et Gomé au sud des Collines	$2,80 \pm 1,42$	-	$1,15 \pm 0,66$	$1,90 \pm 0,81$	$0,65 \pm 0,11$	-

En considérant toutes conditions égales par ailleurs, les différences de rendements observées seraient liées à un effet de site mettant en exergue un état de dégradation différentielle des sols au niveau des deux zones.



Photo 1 : Tapis végétal formé par le précédent cultural *Aeschynomene histrix* après récolte du maïs



Photo 2: Une parcelle de manioc à Miniffi dans un dispositif agroforestier à base d'arbustes de *Gliricidia sepium* (4m x 4m) et précédent *Aeschynomene histrix*

L'évaluation de la biomasse dans le dispositif agroforestier intégrant *Gliricidia sepium* et *Aeschynomene histrix* a révélé une production annuelle moyenne de bois de 2 t/ha dans des plantations de 3 à 4 ans contre une production d'émondages de 4 t/ha (tableau 4).

Tableau 2 : Production annuelle de biomasse des légumineuses (t/ha) de matière sèche

	<i>Gliricidia sepium</i> en association avec <i>Aeschynomene histrix</i>	
	Emonde	Bois
	(t/ha)	(t/ha)
Production de biomasse de la légumineuse arbustive et herbacée	4,4	2,0
Maximum	6,5	3,5
Minimum	2	1,2
Ecart type	1,30	0,74

La fourchette de la quantité annuelle de bois produite est de 1,2 t à 3,5 t/ha contre 2 t à 6,5 t/ha de matière sèche d'émondages de *Gliricidia* et *Aeschynomene*. Les résultats de production d'émondages dans ce système d'agro-forêt à écartement lâche (625 arbustes/ha) sont similaires à ceux du système de cultures en couloirs de *Gliricidia sepium* à forte densité (3333 arbustes/ha). Ce dernier système montrait une production annuelle moyenne d'émondages de 6 t/ha dans des plantations de 3 à 5 ans (Maliki et al., 2002).

- **Evaluation des performances techniques des systèmes**

Les réponses des différents systèmes dans les zones à forte et à faible pression démographique sont ci-dessous mentionnées (tableaux 5 et 6 ; figures 4 et 5).

Effet des différents traitements sur la production du manioc dans la zone sud des Collines

D'une façon générale, les rendements de la variété de manioc BEN 86052 sont plus élevés sur les parcelles améliorées (E0 ; E1 ; G+Ae et G+Ae+E0).

Tableau 5 : Effet des traitements sur le rendement du manioc au Sud (n=10)

Traitement	Rendement (t/ha)
Témoin (To)	12,1 ^c
150 kg de NPK (Eo)	20,4 ^b
300 Kg de NPK (E1)	30,2 ^a
G+Ae	18,5 ^b
G+Ae+150kg de NPK (G+Ae+Eo)	28,4 ^a
PPAS	6,08
CV (%)	21,82
Ecart type	4,78

Les chiffres portant la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5%
n = nombre de répétition

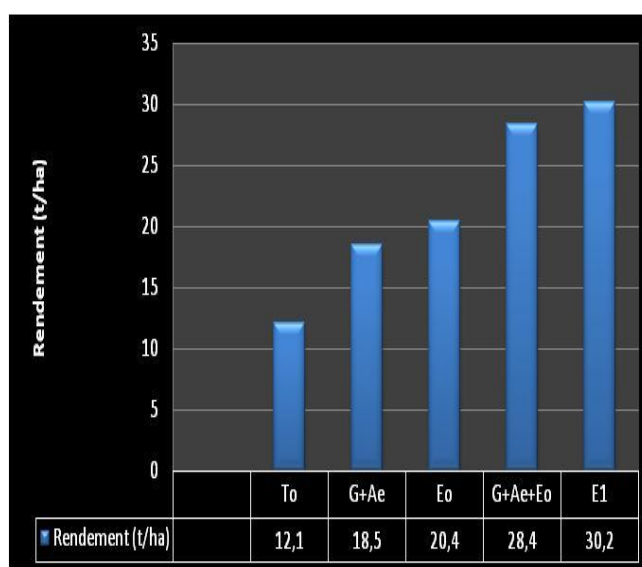


Figure 5 : Représentation graphique des réponses du manioc dans la zone sud des Collines

Et ce avec un niveau de signification de 5% (test de Newman Keuls). Un rendement de 12,1 t/ha de matière fraîche a été enregistré sur les parcelles témoins dans la zone sud des Collines à Miniffi et Gomé contre (18,5 t ; 20,4 t ; 28,4 t et 30,2 t/ ha) sur les traitements (G+Ae; E0 ; G+Ae+E0 et E1) respectivement. Il ressort également que le traitement G+Ae+E0 rivalise avec E1 (28, 4 t contre 30,2 t/ha) et G+Ae rivalise avec E0 (18, 5 t contre 20,4 t/ha).

Effet des différents traitements sur la production du manioc dans la zone nord des Collines

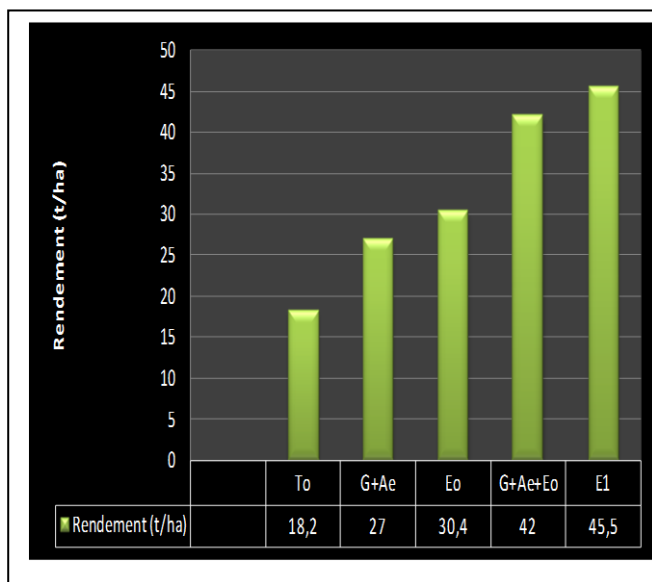
Les mêmes tendances ont été observées à Akpéro (zone à pression foncière relativement faible). Un rendement de 18, 2 t/ha de matière fraîche a été observé sur les parcelles témoins contre (27 t ; 30,4 t ; 42 t et 45,5 t/ha) sur les traitements (G+Ae; E0 ; G+Ae+E0 et E1) respectivement.

Les traitements améliorés sont significativement différents du témoin au seuil de 5% (test de Newman Keuls).

Il est observé également ici que le traitement "précédent cultural Aeschynomene sur sole de *Gliricidia sepium* avec application de 150 kg de N₁₃P₉K₂₇+5S+4Mgo(S) (G+Ae+ E0)" rivalise avec celui relatif à "l'application de 300 kg de N₁₃P₉K₂₇+5S+4Mgo(S) (E1)" avec des rendements respectifs de 42 t/ha et 45 t/ha de matière fraîche. Il en est de même pour les traitements "application de 150 kg de N₁₃P₉K₂₇+5S+4Mgo(S) (E0)" et "précédent cultural Aeschynomene sur sole de *Gliricidia sepium* (G+Ae)" avec des rendements respectifs de 30,4 t/ha et 27 t/ha.

Tableau 6 : Effet des traitements sur le rendement du manioc au nord (n=10)

Traitement	Rendement (t/ha)
Témoin (To)	18,2 ^c
150 kg de NPK (Eo)	30,4 ^b
300 Kg de NPK (E1)	45,5 ^a
G+Ae	27 ^b
G+Ae+150kg de NPK (G+Ae+Eo)	42 ^a
PPAS	5,91
CV (%)	17,76
Ecart type	5,78



Les chiffres portant la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5%

Figure 6 : Représentation graphique des réponses du manioc dans la zone nord des Collines

n = nombre de répétition

Les valeurs de rendement du manioc dans les traitements G+Ae et G+Ae+E0 montrent une différence significative au seuil de 5% (test de Newman Keuls) dans les deux zones. Cela stipule un effet synergique résultant de la combinaison engrais

organique et engrais minéraux. Ceci confirme les résultats des travaux antérieurs des chercheurs (Kallon et *al.*, 1998 ; Pinto et *al.*, 1998 ; Maliki et *al.*, 2003) mettant en relief l'importance de la fertilisation organo-minérale pour l'activité micro biologique du sol. Laquelle activité permet la décomposition de la matière organique et la libération des éléments nutritifs au profit de la plante noble.

Toutefois, l'amélioration du rendement du manioc dépend non seulement du traitement mais aussi d'un certain nombre de facteurs dont notamment les conditions spécifiques de sites (état de fertilité initial des sols,...) et de gestion (densité de culture, entretien,...).

- **Evaluation des performances économiques des systèmes**

Les revenus nets annuels moyens des systèmes améliorés de cultures (E0 ; E1 ; G+Ae et G+Ae+E0) dans la zone à forte pression démographique sont 160550 FCFA ; 234987 FCFA; 107500 FCFA et 203937 FCFA respectivement contre 148750 FCFA pour la pratique traditionnelle. Les surcroûts de revenus nets annuels sur la pratique conventionnelle sont de 22 % ; 47 % ; -17 % et 39 % respectivement (tableau 7).

Les systèmes améliorés affichent des revenus supérieurs à celui de la pratique locale. Exception faite du traitement G+Ae qui a montré un revenu net annuel moyen relativement faible (107500 FCFA). Les meilleurs revenus nets ont été obtenus sur les parcelles E1 et G+Ae+E0.

Tableau 7 : Rentabilité financière des systèmes de production du manioc dans la zone à forte pression démographique au sud des Collines

	<i>T0</i>	<i>E0</i>	<i>E1</i>	<i>G+Ae</i>	<i>G+Ae+E0</i>
Temps moyen de travail investi (H-J)	121	125	127	135	138
Dépense annuelle moyenne actualisée (FCFA)	41257	51507	70398	31662	55771
Marge brute annuelle moyenne (FCFA)	323062	368250	444187	337500	438937
Revenu net annuel moyen (FCFA)	125362	160550	234987	107500	203937
Rémunération du travail familial (FCFA)	1036	1282	1854	795	1480
Valeur Actualisée Nette (VAN)	10314	12877	17599	7916	13943
Indicateur de rentabilité des investissements	1,52	1,62	1,87	1,4	1,71
Surcroît de revenu net annuel sur pratique conventionnelle (%)	-	22	47	-17	39
Surcroît de rémunération du travail familial sur pratique conventionnelle (%)	-	19	44	-30	30

Source: Maliki, 2007

Les productivités du travail par an sont relativement élevées dans les pratiques améliorées. Elles sont de 1282 FCFA ; 1854 FCFA et 1480 FCFA pour les

traitements (E0 ; E1 et G+Ae+E0). Exception faite du traitement G+Ae affichant une rémunération du travail familial relativement faible (795 FCFA). Les surcroîts de rémunération du travail familial sur la pratique conventionnelle sont de 19 %; 44 % ; -30 et 30 % pour les traitements (E0 ; E1 ; G+Ae et G+Ae+E0) respectivement.

Les temps de travail investis par an sont 125 H-J/ha ; 127 H-J/ha ; 135 H-J/ha et 138 H-J/ha respectivement dans les systèmes (E0 ; E1 ; G+Ae et G+Ae+E0) contre 121 H-J/ha dans le système local, soit un surcroît de temps de travail moyen de 12 % induit par les systèmes agroforestiers avec le *Gliricidia* et *Aeschynomene* lié principalement à la gestion de ces légumineuses.

Les Valeurs Actualisées Nettes (VAN) sont logées à la même enseigne avec des niveaux de revenus de (12877 FCFA ; 17599 FCFA ; 7916 FCFA et 13943 FCFA/ha) pour les traitements (E0 ; E1 ; G+Ae et G+Ae+E0) respectivement contre (10314 FCFA/ha) pour la pratique locale.

Les mêmes tendances des indicateurs suivants (revenu net annuel moyen ; rémunération du travail familial ; valeur actualisée nette (VAN) ; rentabilité des investissements; temps de travail investi) sont observées dans la zone à faible pression foncière avec des niveaux de revenus relativement élevés (tableau 8).

Tableau 8 : Rentabilité financière des systèmes de production du manioc dans la zone à faible pression démographique au nord des Collines

	<i>T0</i>	<i>E0</i>	<i>E1</i>	<i>G+Ae</i>	<i>G+Ae+E0</i>
Temps moyen de travail investi (H-J)	121	125	127	135	138
Dépense annuelle moyenne actualisée (FCFA)	66715	76965	95856	57140	81249
Marge brute annuelle moyenne (FCFA)	393687	438875	514812	408437	509875
Revenu net annuel moyen (FCFA)	195987	231175	305612	178437	274875
Rémunération du travail familial (FCFA)	1620	1846	2411	1319	1995
Valeur Actualisée Nette (VAN)	16679	19241	23964	14285	20312
Indicateur de rentabilité des investissements	1,82	1,89	2,13	1,66	1,96
Surcroît de revenu net annuel sur pratique conventionnelle (%)	-	15	36	-10	29
Surcroît de rémunération du travail familial sur pratique conventionnelle (%)	-	12	33	-23	19

Source : Maliki, 2007

Il ressort de ces analyses que les traitements (E0 ; E1 et G+Ae+E0) présentent une bonne performance agronomique et économique. Par conséquent, ils contribuent à la rémunération des facteurs de production (terre, travail et capital). Cependant, l'utilisation exclusive des engrais minéraux (E0 et E1) pourrait entraîner à la longue un effet dépressif de l'activité des microorganismes sur l'humus du sol. Cet effet pourrait être aussi réduit par un dépôt graduel de la biomasse feuille du manioc au sol au cours du cycle cultural.

Le traitement G+Ae+E0 présente par ailleurs d'autres avantages selon les opinions paysannes liés aux espèces intégrées dans le système (Maliki, 2006) :

- Recyclage des éléments nutritifs;
- Contrôle de l'érosion et des adventices;
- Production du bois (*Gliricidia*) et du fourrage en saison sèche (*Aeschynomene*);
- Effet thérapeutique de *Gliricidia* contre certaines maladies dont le paludisme.
- Effet insectifuge et insecticide contre les parasites du coton et du maïs en stock, etc.

4. Conclusion et recommandations

Les résultats de l'étude montrent un effet positif des systèmes améliorés sur la pratique paysanne de production de manioc au sud et au nord des Collines.

Sur la base de ces résultats, on recommande le précédent cultural *Aeschynomene histrix* sur sole de *Gliricidia sepium* avec application de 150 kg de N₁₃P₉K₂₇+5S+4Mgo(S) (G+Ae+ E0) pour une production durable du manioc au Centre Bénin en raison de multiples avantages que présente le système sur le plan agronomique, économique et écologique. Des tests pourraient être conduits aussi avec d'autres légumineuses herbacées et/ou arbustives.

Toutefois, l'effet à moyen et long termes de l'utilisation exclusive des engrais minéraux dans les systèmes de culture à base du manioc mérite d'être exploré.

5. Remerciement

Les auteurs remercient sincèrement le Projet de Développement des Racines et Tubercules (PDRT) pour son appui financier à la réalisation de cette étude.

6. Références bibliographiques

- ADEGBOLA P. & VLAAR J. 1998.** Expériences des cultures en couloirs et de l'agroforesterie au Sud-Bénin. Compte rendu d'atelier tenu à Cotonou les 2 et 3 février 1998, INRAB/MAEP, Cotonou, Bénin
- AKAKPO C., AMADJI F., SACCA S. & ADJE I. 1998.** Essai comparatif de dispositifs agroforestiers pour les systèmes culturaux à base de maïs et d'igname in Expérience des cultures en couloirs et de l'agroforesterie au sud du Bénin, INRAB/MAEP, Cotonou, Bénin, 8 p.
- AKONDE T. P., LAME B. & KUMMERER E. 1986.** Adoption de la culture en couloirs dans la province de l'Atlantique au Bénin. *In*: La culture en couloirs

- dans les tropiques humides et subhumides. Compte rendu d'un atelier international tenu à Ibadan, Nigeria, du 10 au 14 mars 1986, pp 154-156.
- AKONDE T. P. & AGBO B. P. 2003.** Maize and cassava yields as influenced by potassium fertilization and cropping systems with *Leucaena leucocephala* and *Acacia auriculiformis* on a Dystric Nitisol in the South of Benin Republic (West Africa). INRAB annual review, N° 39-march 2003, INRAB/MAEP, Cotonou, Benin.
- DUGUE P. & FLOQUET., A . 2000.** Projet d'amélioration et de diversification des systèmes d'exploitation dans les Départements du Zou, des Collines, du Borgou et de l'Alibori, PADSE/AFD, Cotonou, Bénin, 132 p.
- INRAB, 2000.** Recherche agricole pour le développement. Rapport annuel 2000 de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), pp 50-51.
- KALLON J. M., GEORGE J. B., AMARA D. S., GICHURU M. P., NOLTE C. & EKANAYAKE I. J. 1998.** Effect of tree prunings and fertilizer levels on food production, nutrient balance and soil fertility in a continuous two-year alley mixed cropping of rice/cassava on the fragile uplands of Sierra Leone *in:* soil fertility management in west Africa land use systems G. Renard, A.: Neef, K. Becker and M. Von oppen (Editors); Niamey Niger, 4-8 March 1997, pp. 259-265.
- KANG B.T. & REYNOLDS L. 1986.** La culture en couloirs dans les tropiques humides et subhumides. Compte rendu d'un atelier international tenu à Ibadan, Nigeria, du 10 au 14 mars 1986, pp 115-116
- MALIKI R., AMADJI F., ADJE. I & ENGLEHART C. 2000.** Quelques options de gestion de la fertilité des sols et de stabilisation des rendements dans la zone des savanes au centre du Bénin: contraintes à leur adoption ; Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin N° 28, INRAB/MAEP, Cotonou, Bénin, pp 1-15.
- MALIKI. R, AMADJI F., ADJE. I., ENGLEHART, C. 2002.** Impact agronomique de quelques systèmes agroforestiers dans la région des savanes au centre du Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin, N° 35-Mars 2002, INRAB/MAEP, Cotonou, Bénin, pp 9-17.
- MALIKI. R., BERNARD. M., PADONOU. E. et ENGLEHART. C 2003.** Compétition entre arbustes et culture vivrière dans quelques systèmes agrosylvicoles dans le sud et le centre du Bénin. *In:* Annales des Sciences agronomiques du Bénin (5) 1 : 45-66, 2003 ; ISSN 1659-5009, Université d'Abomey Calavi), Cotonou, Bénin.
- MALIKI R. 2006:** Sédentarisation de la culture de l'igname et gestion durable des ressources naturelles au Centre du Bénin : développement participatif, contraintes, adoption et diffusion des technologies. Mémoire du DEA soutenu à la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi. FAO/TCP/BEN/3002 (A), INRAB, Savè, Bénin, 312 p.
- PINTO TOYI A. K., BATIONO A. & AYUK E. 1998.** Evaluation agronomique et économique des engrais organiques et minéraux dans différentes zones agro-écologiques du Togo. *in:* soil fertility management in west Africa land use systems G. Renard, A.: Neef, K. Becker and M. Von oppen (Editors); Niamey Niger, 4-8 March 1997, pp. 67-78.
- SAILD, 2001.** Recueil de fiches techniques pour l'entrepreneur rural Tome II Service d'Appui aux Initiatives Locales de Développement (SAILD) Ed. 2001, 94 p.