



Troisième Colloque des Sciences,  
Cultures et Technologies de l'UAC-Bénin,  
du 6 au 10 Juin 2011  
au Centre CIEVRA



# Actes

**Volume III**  
**Sciences naturelles et Agronomiques**



**Sections : Agronomie et Pédologie**

ISSN : 1840-5851 - Edition Décembre 2012

**POTENTIEL DE PRODUCTION D'UNE CULTURE DE MAÏS DANS UN SYSTEME AGROFORESTIER A KARITE (VITELLARIA PARADOXA C.F. GAERTN) EN ZONE SOUDANIENNE DU BENIN**

**SAIDOU A. (1)\*, BALOGOUNI. (1), GNANGLE C. (2), AHO N. (1)**

*(1) Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Département de Production Végétale, 01 B.P 526 Cotonou, Bénin.*

*(2) Centre de Recherche Agricole (CRA) Centre Savè, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin*

*\* Auteur correspondant : Email: saidoualiou@gmail.com*

**RESUME**

En vue d'étudier l'influence des arbres de karité sur les paramètres agronomiques d'une culture de maïs, l'effet de cinq classes de diamètre du houppier a été étudié en comparant la zone sous houppier à celle hors houppier dans le parc à karité de Bembèrèkè. L'humidité pondérale, la température du sol, les paramètres de croissance et le rendement du maïs ont été mesurés. La présence des arbres de karité a un effet très significatif ( $P < 0,01$  à  $P < 0,001$ ) sur l'humidité pondérale et la température du sol et cet effet est d'autant plus important lorsque le houppier est large. Les teneurs du sol en C-organique, N-total et  $Ca^{2+}$  sont élevées sous houppier comparativement à la zone hors houppier. La croissance en hauteur des plants de maïs est significativement ( $P < 0,05$  à  $P < 0,001$ ) plus faible sous houppier comparativement à la zone hors houppier. En ce qui concerne les rendements (grains et pailles), ils sont significativement ( $P < 0,001$ ) plus faibles sous houppier comparativement aux zones hors houppier. Les classes de diamètre du houppier n'influent pas significativement sur la production en grains et en paille du maïs. Les rendements en grains et en paille sous houppier sont réduits respectivement de 46,6% et de 32,8% comparativement à la zone hors houppier.

**Mots clés :** Parc à karité, agroforesterie traditionnelle, microclimat, fertilité du sol, houppier, zone soudanienne.

**ABSTRACT**

This study is about the influence of Shea nut trees on the agronomic parameters of maize's crop. The effect of five classes of crown diameter was studied by

comparing the area under and outside canopy. Soil moisture, soil temperature and plant growth parameters and maize yield were measured. The Shea-nut trees had a significant effect on soil moisture and soil temperature and this effect is important when the crown's volume was high. Soil organic C, total-N and Ca<sup>2+</sup> concentration were higher under than outside tree's canopy. Maize height was significantly ( $P < 0.05$  to  $P < 0.001$ ) lower under tree's canopy than outside. Concerning maize grain and straw yields, they were significantly ( $P < 0.001$ ) lower under tree's canopy than outside. In general, the classes of tree crown didn't significantly affect maize grain and straw yield. Maize grain and straw yields under canopy were reduced by 46.6% and 32.8% respectively compared to the outside zone. In conclusion, the study has shown a clear influence of Shea nut trees in an agroforestry system on soil moisture, soil temperature and maize yield parameters.

**Key words:** Shea-nut tree park, traditional agroforestry, microclimate, soil fertility, canopy, Sudanian zone.

## INTRODUCTION

Les forêts tropicales en général sont des écosystèmes extrêmement utiles et précieux pour l'humanité. Elles jouent un rôle capital dans la régulation des gaz à effet de serre, dans les grands équilibres climatiques et constituent le plus grand réservoir de biodiversité (Tchatat, 1999). L'aménagement forestier est souvent plus focalisé sur le bois d'œuvre, ignorant ainsi les autres produits. Les Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) sont un élément essentiel de la stratégie de survie et de développement nécessaire au bien être de l'homme, du bétail, de la flore et de la faune indigènes (Wickens, 1991). Cependant, il existe des solutions pour préserver la biodiversité, raisonner l'exploitation des ressources naturelles afin de maintenir la fertilité des sols.

Plusieurs systèmes de production sont capables d'induire non seulement une amélioration des rendements agricoles, mais aussi la préservation des ressources naturelles tout en assurant la satisfaction des besoins des populations en ces ressources (Christ et al., 1994). Pour Clarke et Thaman (1993), l'une de ces perspectives dans le contexte d'intégration des activités agricoles est l'agroforesterie qui désigne les systèmes d'aménagement des terres dans lesquels les ligneux pérennes sont cultivés sur une même parcelle avec les plantes herbacées avec ou sans bétail, selon un certain arrangement spatial ou temporel, créant des interactions écologique et économique entre l'arbre et les compo-

sants non ligneux. Ces espèces constituent pour les communautés des sources d'aliments et de revenus complémentaires aux activités agricoles courantes (Sokpon et Lejoly, 1996 ; Vodouhè, 2003).

Le karité (*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn) occupe une place prépondérante parmi les Espèces Ligneuses Alimentaires (ELA) adoptées par les paysans béninois dans leurs systèmes agroforestiers, notamment en zone soudanienne. On le rencontre dans cette zone sous la forme de parc auquel sont cultivées en association des cultures vivrières en particulier le maïs et le sorgho et les cultures de rente dont le coton (Gnanglè, 2005). En effet, le karité de par ses multiples usages alimentaires, cosmétiques et thérapeutiques, présente une grande importance sur les plans socio-économique et environnemental en Afrique Sub-Saharienne en général et au Bénin en particulier (Vodouhè, 2003 ; Dah-Dovonon, 2000 ; Sokpon et Lejoly, 1996). Par exemple, dans les départements de l'Atacora et de la Donga, les ménages ruraux tirent 36 à 46% de leurs revenus des produits du karité (Dah-Dovonon et Gnanglè, 2006 ; Sokpon et Yabi, 2006). Ces revenus permettent aux femmes rurales de subvenir aux besoins de leurs ménages.

Malgré l'importance de cette espèce ligneuse alimentaire que représente le karité pour de millions de ménages au Bénin, les parcs dans lesquels elle se retrouve se dégradent malheureusement de jour en jour sous l'influence combinée des changements climatiques caractérisés par des périodes de sécheresse de plus en plus longues et des facteurs anthropiques (feux de brousse, surpâturage et mécanisation agricole) (Gbédji, 2003). Cette situation fait que l'on assiste de nos jours à une dégradation poussée par conséquent à une baisse de la productivité de ces parcs agroforestiers. Faut de renouvellement comme cela se passait jadis, on assiste à un vieillissement des parcs à karité et néré (Depommier, 1996; Boffa, 1999 ; Gnanglè, 2005 ; Nouhohefin et Coulibaly, 2005).

Pour donc améliorer la productivité des cultures associées, et assurer une certaine durabilité de la production du karité, il est nécessaire de promouvoir au niveau du paysan d'une part, l'utilisation et la maîtrise des facteurs de production et d'autre part, une gestion raisonnée des ressources disponibles en particulier la terre.

En général, les conditions édaphiques, climatiques et phénologiques, les pratiques culturales, la densité et les différents diamètres de la couronne des arbres



affectent considérablement aussi bien la productivité des parcs à karité que celle des cultures vivrières en particulier le sorgho et le mil ou de rente associées (Kessler, 1992). Mais force est de constater que les données relatives à l'effet de ces facteurs sur les paramètres de rendement d'une culture de maïs et la contribution des arbres de karité sur la fertilité du sol, l'humidité et la température du sol font énormément défaut dans les systèmes de culture en zone soudano-guinéenne. De façon spécifique, l'étude vise à : 1) déterminer dans un système agroforestier de karité en association avec une culture de maïs l'effet des différentes classes de diamètre du houppier des arbres et de la position des placettes sur la température et l'humidité pondérale du sol; 2) étudier dans ce système de production, l'effet de différentes classes de diamètre du houppier des arbres sur les propriétés chimiques du sol ; enfin 3) déterminer l'effet des différentes classes de diamètre du houppier des arbres, de la position et de la disposition géographique des placettes sur la vitesse de croissance des plants de maïs et les rendements grains et paille de la culture de maïs associée.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1 Matériels

L'expérimentation a été conduite dans le village Guessou-Sud, arrondissement d'Ina, commune de Bembèrèkè, département du Borgou entre les parallèles 9°57'41" et 10°09'53" de latitude Nord et entre les méridiens 2°34' et 2°48'20" de longitude Est. Le milieu d'étude est sous l'influence d'un climat soudanien humide à un régime unimodal avec une saison pluvieuse d'avril à octobre et une saison sèche de novembre à mars. La moyenne annuelle des précipitations est d'environ 1000 mm avec des pics au cours du mois d'Août. L'évapotranspiration potentielle est d'environ 1535 mm/an avec une température moyenne annuelle d'environ 27°C. Le sol de la zone d'étude est essentiellement dominé par des sols ferrugineux tropicaux formés sur les roches cristallines du Précambrien (granite et gneiss) et classés comme ferric Lixisol selon la classification FAO (1990). D'après les résultats des analyses physiques du sol, les taux d'argile, de limon et de sable sont respectivement de 8,67%, 10,71% et 79,93%. La texture des sols des parcelles ayant abrité l'essai est donc sablo-limoneuse.

### 1.2 Méthodes

Sur la base des résultats de l'inventaire des arbres à karité que nous avons réalisé dans le village dans le cadre des activités du projet INNOVKAR-ACC

suivi d'une enquête sur l'histoire des parcelles en matière de gestion des systèmes de culture et de la fertilité des sols, des champs de maïs (variété de maïs TZPB-SR largement adoptée de cycle 120 jours) en fonction des classes de diamètre du houppier des arbres de karité ont été sélectionnés. Des essais en milieu paysan ont été installés en collaboration avec les paysans propriétaires des parcs à karité. Ces essais ont été sous la conduite du chercheur et des paysans propriétaires des parcs à karité.

Au niveau de toutes les parcelles ou champs paysans, les producteurs ont installé les cultures de maïs dans le mois de Juin (période des premières pluies dans la zone). Les semis ont été faits à des écartements de 0,40 m entre les poquets et 0,80 m entre les lignes. Le démariage à deux plants par poquet a été effectué 15 jours après semis. Deux sarclages ont été effectués, le premier au moment du démariage et le second à 60 jours après semis. Les parcelles ont été labourées à l'aide de l'attelage tracté par des bœufs de traits (pratique culturelle répandue dans la zone).

Le dispositif expérimental a pris en compte 5 classes d'arbre de diamètre du houppier de karité d'amplitude 2 chacune : C1 : 4 à 6 m ; C2 : 6 à 8 m ; C3 : 8 à 10 m ; C4 : 10 à 12 m et C5 : 12 à 14 m lesquelles ont été identifiées lors de l'inventaire forestier. Par classe, 3 arbres ont été sélectionnés à titre de répétition. Ces arbres de karité ont été géoréférenciés à l'aide d'un GPS (Global Positioning System) de marque SILVA Multi – Navigator. De plus, en relation avec les paysans propriétaires, ces arbres sont marqués avec des plaques métalliques fixées sur ces derniers. Sous chaque arbre, 2 placettes de 2 m x 2 m chacune de surface ont été délimitées pour les observations. Il s'agit d'une placette située à une distance de 0,5 x R du centre de la projection du houppier au sol (P1 : placette sous houppier) et une autre située à une distance de 1,5 x R du centre de la projection (P2 : placette hors houppier), R étant le rayon de la projection verticale du houppier d'arbre au sol. Les deux placettes sont installées suivant les orientations Nord, Sud, Est et Ouest (Figure 1). Ces placettes ont été les lieux où se sont effectuées les différentes mesures sur les paramètres de rendement du maïs ; l'humidité pondérale, la température du sol et le prélèvement des échantillons du sol pour la détermination des propriétés physico-chimiques du sol. Au total, nous avons donc comme unités expérimentales : 3 arbres x 5 classes de diamètre du houppier d'arbre x 2 placettes x 4 orientations (Nord, Sud, Est et Ouest) = 120 unités.

Les mesures dendrométriques effectuées sur les karités lors de l'inventaire

forestier sont essentiellement : le diamètre à hauteur de poitrine à partir de la circonférence mesurée à l'aide d'un mètre ruban, à 1,30 m au-dessus du sol ; la hauteur du houppier et la hauteur totale de l'arbre, mesurées avec un clinomètre de marque SUUNTO Finland ; le diamètre moyen du houppier déterminé à partir des diamètres Nord-Sud et Est-Ouest du houppier mesurés à l'aide d'un décimètre. Ce diamètre moyen résulte de la moyenne quadratique selon la formule (1) suivante (Rondeux, 1999) :

$$D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i)^2}{n}} \quad (1)$$

Dans le cas présent, nous avons deux diamètres, le diamètre moyen du houppier devient donc :

$$D = \sqrt{\frac{(D_1^2 + D_2^2)}{2}} \quad (1')$$

Avec D = Diamètre moyen du houppier, D<sub>1</sub> = Diamètre Nord-Sud et D<sub>2</sub> = Diamètre Est-Ouest

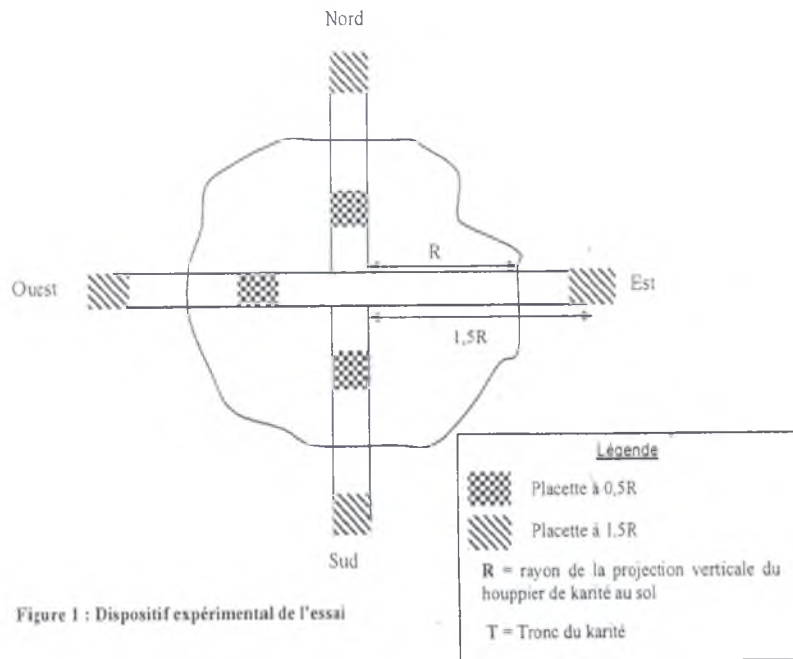


Figure 1 : Dispositif expérimental de l'essai

Le volume du houppier quant à lui, est calculé à partir des formules (2) et (3) proposées par Rondeux (1999). Le calcul du volume dépend de la forme architecturale du houppier laquelle a été déterminée par observation visuelle et en se référant aux catégories de ports identifiées dans le descripteur du karité de IPGRI INIA (2006).

Port en boule et fuseau :

$$V = \frac{3}{4} \pi \times \frac{D_1}{2} \times \frac{D_2}{2} \times \frac{H_p}{2} \quad (2)$$

Port en parasol :

$$V = \frac{\pi}{10} \times D_1 \times D_2 \times H_p \quad (3)$$

Avec : D<sub>1</sub> = Diamètre Nord-Sud ; D<sub>2</sub> = Diamètre Est-Ouest et H<sub>p</sub> = Hauteur du houppier

La surface au sol du houppier est calculée à partir de la formule (4) suivante :

$$S = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad (4)$$

avec D le diamètre moyen du houppier d'arbre

A défaut d'une sonde de profil PR2 (DLT), la masse d'eau contenue dans le sol à un instant donné et à 0 – 20 cm de profondeur a été déterminée à partir du prélèvement des échantillons de sol au niveau des placettes hors et sous houppier à l'aide d'une tarière puis une partie de l'échantillon a été conservée dans des boîtes à couvercle de même forme, même profil et même poids environ. Le poids frais est déterminé sur le terrain à l'aide d'une balance électronique puis le poids sec déterminé au laboratoire après séchage à 105°C pendant 72 heures. L'humidité pondérale (HP) du sol est déterminée par la formule (5) suivante :

$$HP = \frac{MF - MS}{MS} \times 100 \quad (5)$$

MF = Masse de sol frais et MS = Masse de sol sec

A l'aide d'un thermomètre SK – L200TH, les mesures de température ont été faites dans les sols hors et sous houppiers à la profondeur de 0 – 20 cm au niveau de tous les arbres identifiés.

La hauteur des plants de maïs à différents stades de développement a été déterminée à l'aide d'un pentamètre, les mesures de hauteur des plants de maïs sont effectuées du collet à la dernière ligule au niveau de quatre plants sélectionnés de façon aléatoire par parcelle élémentaire. A défaut de faire des mesures

SAIDOU A. (1), BALOGOUNI. (1), GNANGLE C. (2), AHO N. (1)

de hauteur aux différentes phases de développement de la plante, les mesures ont été prises aux 35ème, 45ème, 60ème, 75ème et 90ème Jours Après Semis (JAS).

A maturité physiologique, les rendements grain et paille ont été déterminés au niveau de chaque placette. Des échantillons ont été prélevés, envoyés au laboratoire où ils ont été séchés afin de déterminer la matière sèche.

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées au Laboratoire des Sciences du Sol, Eau et Environnement (LSSEE) de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB). Ces analyses ont consisté en la détermination de la granulométrie par la méthode de la pipette de Robinson, du pH(eau) (méthode potentiométrique), du carbone organique (méthode de Walkley & Black), du phosphore assimilable (méthode Bray 1), l'azote total (méthode de Kjeldahl), du potassium échangeable (méthode de Metson à acétate d'ammonium 1N) et de magnésium et calcium échangeables par la titrimétrie EDTA (Acide Ethylène Diamine Tétracétique).

Le logiciel Statistical Analysis System version 9.1 (SAS v. 9.1) a été ensuite utilisé pour les analyses statistiques. Ces analyses ont essentiellement consisté en des analyses de variance (à un, deux et trois facteurs). Les paramètres dendrométriques ont subi une analyse de variance à un facteur tandis que les paramètres environnementaux (humidité pondérale du sol et température du sol) et les propriétés chimiques du sol ont subi une analyse de variance à deux facteurs en considérant les classes de diamètre du houppier du karité et les positions des placettes. En ce qui concerne les paramètres de rendement du maïs, nous avons effectué une analyse de variance à trois facteurs en considérant les classes de diamètre du houppier du karité, les positions des placettes et les dispositions géographiques des placettes. Les valeurs moyennes ont été ensuite comparées entre elles à l'aide du test de Student Newman-Keuls au seuil de 5% (niveau de probabilité retenu pour parler d'effet significatif).

## 2. RESULTATS

### 2.1 Caractéristiques morphologiques des arbres des parcs à karité

Les classes de diamètre du houppier des arbres des parcs à karité influencent significativement ( $P < 0,001$ ) le diamètre à hauteur d'homme (DBH), le volume du houppier et la surface de la projection du houppier au sol tandis qu'elles n'influent pas significativement ( $P > 0,05$ ) sur la hauteur du houppier.

Les valeurs les plus élevées pour tous ces paramètres selon le test de Student Newman-Keuls s'observent au niveau des classes C5, C4 et C3 (Tableau 1). Toutefois, on ne note aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) entre les hauteurs du houppier.

**Tableau 1 :** Valeurs moyennes ( $\pm$  erreurs standards) des données dendrométriques des arbres de karité dans le parc à karité du village de Guessou Sud

Classes	DBH (cm)	Caractéristiques morphologiques des arbres du karité		
		Hauteur du Houppier (m)	Volume du houppier (m <sup>3</sup> )	Surface du houppier au sol (m <sup>2</sup> )
C <sub>1</sub> (4-6m)	27,65 $\pm$ 1,46 c	5,80 $\pm$ 1,15 a	99,43 $\pm$ 16,07 c	27,08 $\pm$ 0,67 d
C <sub>2</sub> (6-8m)	34,57 $\pm$ 0,65 b	6,00 $\pm$ 0,17 a	166,91 $\pm$ 25,96 c	41,49 $\pm$ 5,48 d
C <sub>3</sub> (8-10m)	34,39 $\pm$ 2,24 b	6,65 $\pm$ 0,44 a	270,35 $\pm$ 13,68 bc	61,41 $\pm$ 2,79 c
C <sub>4</sub> (10-12m)	39,60 $\pm$ 0,30 b	7,75 $\pm$ 0,41 a	476,51 $\pm$ 46,89 b	92,06 $\pm$ 4,25 b
C <sub>5</sub> (12-14m)	48,90 $\pm$ 2,83 a	8,75 $\pm$ 1,17 a	743,00 $\pm$ 138,32 a	126,07 $\pm$ 7,01 a

Les moyennes suivies des mêmes lettres alphabétiques et pour les mêmes caractéristiques ne sont pas significativement différentes ( $P > 0,05$ ) d'après le test de Student Newman-Keuls.

### 2.2 Effet des différentes classes de diamètre du houppier des arbres du parc à karité et de la position des placettes sur l'humidité pondérale et la température du sol

L'évolution de l'humidité pondérale du sol selon les différentes classes de diamètre du houppier des arbres du parc à karité en considérant les dispositions géographiques est illustrée par la Figure 2. Quelle que soit la période de mesure, elle est significativement ( $P < 0,01$ ) plus élevée sous houppier que hors houppier. La différence entre les valeurs d'humidité pondérale des sols sous et hors houppier est significative ( $P < 0,05$ ) au niveau des classes C<sub>4</sub> et C<sub>5</sub>.

L'évolution de la température du sol suivant les différentes classes de diamètre du houppier et la disposition des placettes est illustrée par la Figure 3. La température moyenne est significativement ( $P < 0,01$ ) plus élevée hors houppier que sous houppier. La différence entre les valeurs moyennes de température des sols sous et hors houppier est significative ( $P < 0,05$ ) d'après le test de Student Newman-Keuls au niveau des classes C<sub>4</sub> et C<sub>5</sub>.



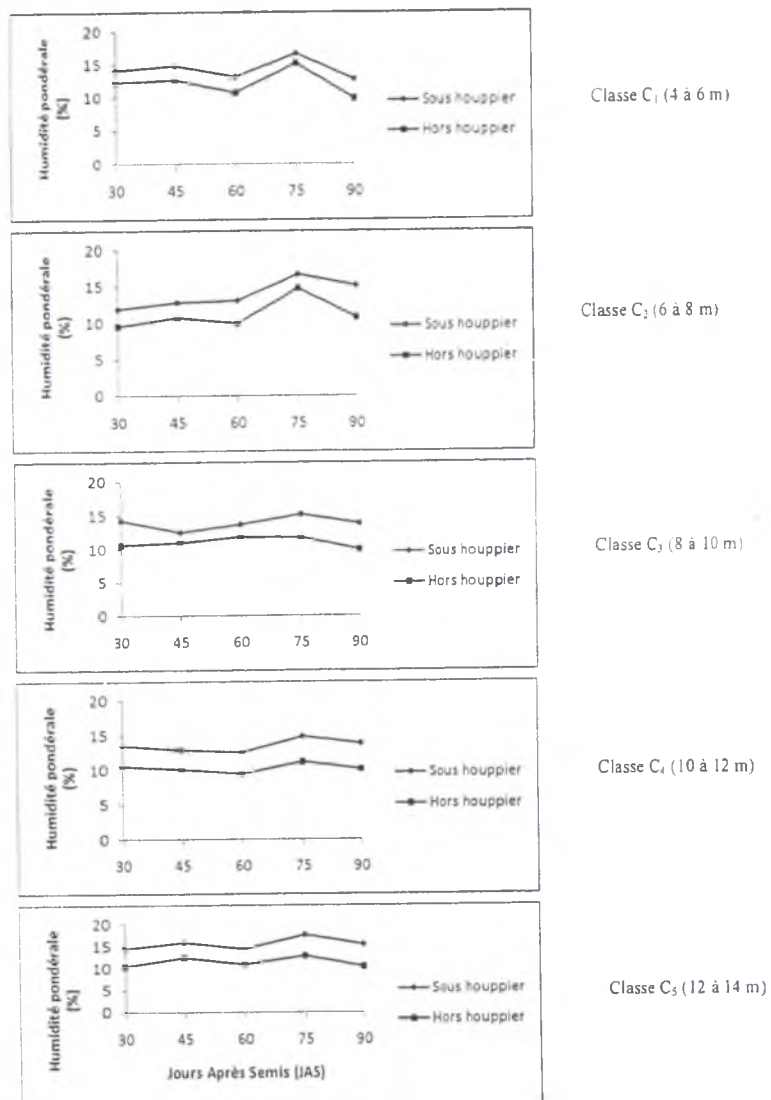


Figure 2 : Effet des différentes classes de diamètre du houppier des arbres sur l'humidité pondérale des sols à différentes périodes de développement de la culture du maïs considérant la position des placettes

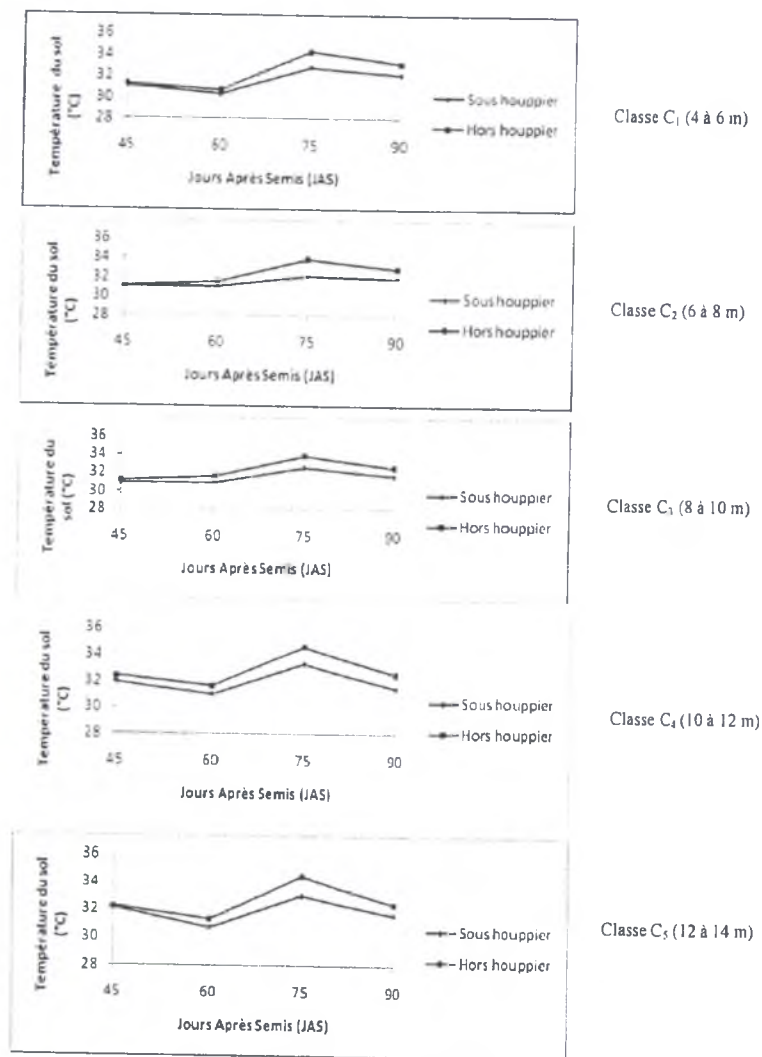


Figure 3 : Effet des différentes classes de diamètre du houppier des arbres du parc à karité sur la température des sols à différentes périodes de développement de la culture du maïs considérant la position des placettes

### 2.3 Effet des différentes classes de diamètre du houppier des arbres du parc à karité sur les propriétés chimiques du sol

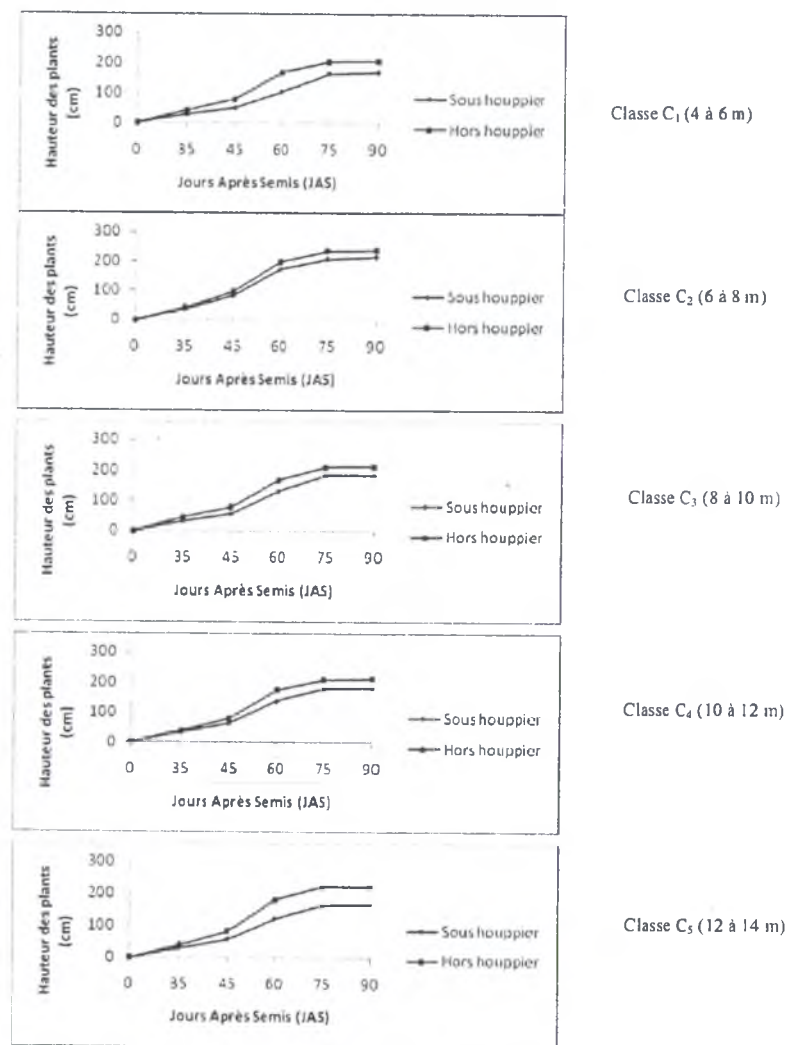
Les résultats des propriétés chimiques du sol avant l'installation de la culture du maïs sont consignés dans le Tableau 2. Le tableau d'analyse de variance montre qu'il n'y a pas de différence significative ( $P > 0,05$ ) d'une part, entre les différentes classes de diamètre du houppier et d'autre part, entre les différentes positions (hors et sous houppier) pour toutes les propriétés chimiques du sol étudiées. Les valeurs du pH(eau) observées de façon générale montrent que le sol des parcelles ayant abrité l'essai est plus ou moins neutre. D'une manière générale, il ressort du Tableau 2 que les teneurs en carbone organique, en azote total et en calcium échangeable sont élevées sous houppier comparativement au sol des placettes hors houppier même s'il n'existe pas de différence significative entre ces valeurs selon le test de Student Newman-Keuls.

**Tableau 2 :** Teneurs moyennes ( $\pm$  erreurs standards) en éléments chimiques du sol sous et hors houppier des arbres du parc à karité

Position des placettes	pH (eau)	C organique (g/kg)	N total (g/kg)	P Bray 1 (mg/kg)	Ca <sup>2+</sup> (cmol/kg)	Mg <sup>2+</sup> (cmol/kg)	K <sup>+</sup> (cmol/kg)
Sous houppier	7,21 $\pm$ 0,04	32,24 $\pm$ 2,56	2,76 $\pm$ 0,31	38,47 $\pm$ 6,58	5,75 $\pm$ 0,61	1,71 $\pm$ 0,18	0,86 $\pm$ 0,09
Hors houppier	7,22 $\pm$ 0,02	31,22 $\pm$ 1,38	2,30 $\pm$ 0,11	44,87 $\pm$ 2,72	4,61 $\pm$ 0,06	1,79 $\pm$ 0,05	0,88 $\pm$ 0,04

### 2.4 Effet des arbres du parc à karité sur les paramètres de rendement du maïs

La croissance en hauteur des plants de maïs suivant les différentes classes de diamètre du houppier des arbres est présentée dans la Figure 4. Il ressort de cette figure que la hauteur des plants de maïs est significativement ( $P < 0,01$ ) plus élevée hors houppier comparativement à celui des plants sous houppier. Concernant l'orientation géographique des placettes, elle n'influe pas significativement ( $P > 0,05$ ) sur la croissance en hauteur des plants. La différence entre les vitesses de croissance en hauteur des plants de maïs sous et hors houppier est significative ( $P < 0,05$ ) d'après le test de Student Newman-Keuls au niveau des classes de diamètre du houppier C<sub>1</sub> et C<sub>5</sub>.



**Figure 4 :** Effet des différentes classes de diamètre du houppier des arbres du parc à karité sur la hauteur des plants de maïs à différentes périodes de développement de la plante considérant les classes de diamètre du houppier et la position des placettes



La position des placettes influence très significativement ( $P < 0,001$ ) les rendements grains et paille du maïs. Mais, l'effet des classes de diamètre d'houpier et celui des dispositions géographiques des placettes ne sont pas significatifs ( $P > 0,05$ ) sur ces paramètres. Les Figures 5 et 6 illustrent respectivement les rendements moyens en grains et en paille du maïs en fonction des classes de diamètre du houpier et des positions des placettes. Il ressort de ces figures que, d'après le test de Student Newman-Keuls, la différence entre les rendements moyens en grains sous et hors houpier du karité est significative ( $P < 0,05$ ) au niveau de toutes les classes à l'exception de la classe C4 tandis que, celle entre les rendements moyens en paille sous et hors houpier est significative ( $P < 0,05$ ) uniquement au niveau des classes C1, C3 et C5. D'une manière générale, les rendements moyens en grains et en paille sous houpier sont respectivement de  $1,19 \pm 0,09$  et  $2,78 \pm 0,18$  t MS/ha alors que dans les placettes situées hors houpier, les rendements sont respectivement de  $2,23 \pm 0,16$  et  $4,14 \pm 0,30$  t MS/ha. Les rendements en grains et en paille sous houpier sont donc réduits respectivement de 46,64% et de 32,85% comparativement à ceux situés dans la zone hors houpier.

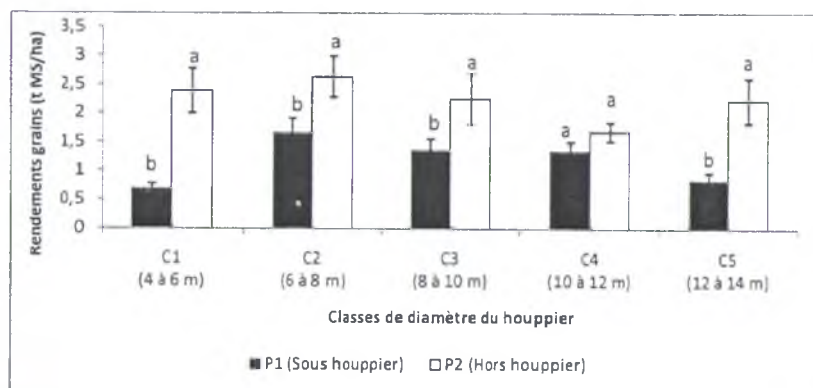


Figure 5 : Effet des différentes classes de diamètre du houpier des arbres du parc à karité sur les rendements moyens grains du maïs considérant la position des placettes.

NB : Les moyennes suivies des mêmes lettres alphabétiques et pour les mêmes classes ne sont pas significativement différentes ( $P > 0,05$ ) d'après le test de Student Newman-Keuls

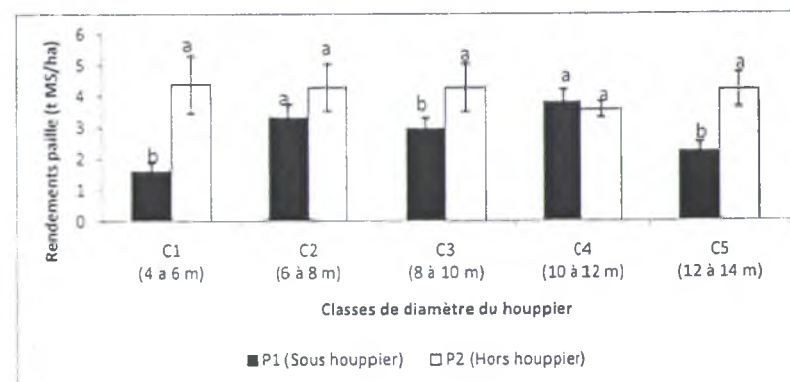


Figure 6 : Effet des différentes classes de diamètre du houpier des arbres du parc à karité sur les rendements moyens de la paille du maïs considérant la position des placettes.

NB : Les moyennes suivies des mêmes lettres alphabétiques et pour les mêmes classes ne sont pas significativement différentes ( $P > 0,05$ ) d'après le test de Student Newman-Keuls

### 3. Discussion

#### 3.1 Variation de l'humidité pondérale et température du sol

L'humidité du sol est significativement plus élevée sous houpier comparativement aux placettes hors houpier du karité et cette différence varie en fonction des classes de diamètre du houpier. La différence observée entre les humidités pondérales du sol sous et hors houpier est toujours plus significative selon la période de mesure et varie selon les classes de diamètre du houpier.

L'augmentation d'humidité pondérale obtenue au niveau des sols sous houpier comparativement à la zone hors houpier peut être due à l'effet d'ombrage qui selon Jonsson (1995) permet de réduire l'évaporation du sol et la transpiration des cultures sous-jacentes. L'humidité accrue sous les houppiers du karité peut en outre être attribuée à un retard plus ou moins important de l'égouttage de la pluie interceptée par le houpier. Selon Baldy et Stigter (1993), cet égouttage se fera plus rapidement lorsque le houpier est moins dense et plus lentement lorsque le houpier est plus compact.

La température, par contre, est significativement plus élevée dans les sols hors houppier que sous houppier. Cette réduction de la température des sols sous houppier peut être due à l'effet de l'ombrage qui selon Jonsson (1995) contribue à modérer la température ambiante et à augmenter l'humidité de l'air. Ce résultat confirme celui obtenu par Jonsson et al. (1999). La différence observée entre les températures des sols sous et hors houppier est plus significative lorsque la classe de diamètre du houppier est plus large. Cela peut s'expliquer par le fait que plus le houppier est large et dense, plus la température du sol sera réduite comparativement à la zone hors houppier.

### 3.2 Influence des caractéristiques des arbres sur les propriétés chimiques du sol dans les parcs à karité

La différence observée entre les différentes positions (hors et sous houppier) pour tous les paramètres chimiques du sol étudiés n'est pas significative mais les taux de carbone et d'azote ont été légèrement élevés sous houppier. Cette augmentation pourrait être due à la qualité de la litière de karité. Ce résultat confirme ceux obtenus par Bayala et al. (2003) qui a montré que la litière de karité améliore les performances du mil même si la différence n'est pas toujours significative. Le résultat corrobore celui de Kessler (1992) qui a trouvé des teneurs de carbone et d'azote significativement plus élevées dans le sol sous houppier de karité comparativement à la zone hors houppier. La litière de karité améliorerait donc les propriétés du sol pour la production effective des cultures. Ce résultat est en accord avec les conclusions de certains auteurs qui ont travaillé sur les systèmes de transfert de biomasse et qui ont montré de grandes augmentations des rendements dans la culture ou la production de végétation dont la litière de karité a été ajoutée (Mando, 1997 ; Jama et al., 2000).

Les taux élevés de carbone et d'azote observés de façon générale peuvent être dûs aux pratiques paysannes de gestion de la fertilité des sols en ce sens que le parcage rotatif des bœufs est une pratique courante dans la zone durant la saison sèche. L'histoire des parcelles met en exergue cette pratique. En effet, les producteurs de la zone ayant abrité les parcelles expérimentales signent des contrats de parcage avec les éleveurs transhumants de passage dans la zone. Les animaux s'alimentent de résidus de récolte laissés sur les champs et en retour ils fertilisent avec leur déjection et leur urine la parcelle. Ceci étant, l'on pourrait expliquer les forts taux de N et de C organique obtenus par la décomposition des déjections des animaux auxquelles s'ajoute une litière abondante

de karité laquelle n'est souvent pas brûlée. Après décomposition et minéralisation, ces fertilisants contribuent à l'enrichissement des propriétés du sol en matière organique et en azote total. Le rapport C/N du sol est inférieur à 25 s'agissant des sols sous et hors houppier. Selon Baize (2000), lorsque ce rapport est inférieur à 25, la libération d'ammonium et de nitrates l'emporte sur la réorganisation et l'alimentation azotée des plantes devient possible à partir des réserves azotées du sol. Ainsi, la litière de karité et les déjections animales ont donc eu des effets positifs sur le sol et ont favorisé la nutrition azotée de la plante.

Les teneurs en P assimilable sont légèrement élevées hors houppier que sous houppier. Ce résultat corrobore ceux de Bayala et al. (2002) et Tomlinson et al. (1995) qui ont trouvé une faible teneur en phosphore sous les karités et nérés comparativement à la zone hors houppier et cela peut être dû à leurs grandes demandes en cet élément. Ainsi, il y a compétition entre le karité avec les cultures associées pour ce nutriment. De façon générale, les valeurs de phosphore trouvées sont toutes supérieures à 20 mg/kg (seuil critique), les valeurs du phosphore assimilable sont donc très élevées. Cela peut être dû à la richesse des sols en matière organique et en calcium surtout que nous avons noté une pratique intense d'intégration agriculture élevage.

### 3.3 Influence des caractéristiques des arbres sur les paramètres de rendement du maïs dans les parcs à karité

La croissance en hauteur des plants hors houppier est plus élevée comparativement à celle sous houppier. Cette différence constatée montre bien que le maïs est une plante qui a besoin de lumière pour assurer sa croissance et développement. Cette différence peut être aussi due à l'excès de l'humidité du sol et l'insuffisance de l'éclairage sous houppier qui ont par ailleurs entraîné un mauvais développement des plants de maïs. Ce résultat confirme celui observé par Zomboudré et al. (2005). Selon ces auteurs, l'écart entre les deux milieux s'explique en partie par la modération des températures sous l'effet d'ombrage. L'émission des feuilles de maïs est très influencée par la température de l'air et celle du sol (Zomboudré et al., 2005). Selon les auteurs, dans un milieu où la température du sol est plus basse que celle de l'air, le rythme d'apparition des premières feuilles est plus lent. Ce rythme est souvent à l'origine de la réduction de la hauteur des plants. Notre étude ne s'est pas focalisée sur la température de l'air pour vérifier cette hypothèse.



Avec un indice de récolte moyen de 0,32 ; les rendements en grains obtenus sont à l'image des productions de paille enregistrées. Malgré l'importance de l'humidité et la fertilité du sol en zone sous houppier, la production du maïs est restée bien inférieure à celle relevée hors houppier. L'effet bénéfique sur la réduction de la température et l'augmentation de l'humidité sous houppier n'est pas donc avantageux et ceci à cause de la forte réduction de la photosynthèse due à l'ombrage. Les effets négatifs des arbres obtenus sur le rendement des cultures sont alors dus à la fois à l'effet de l'ombrage et de l'eau utilisée par l'arbre, qui sont les principaux effets liés tous à la hauteur de la couronne. Ces effets négatifs peuvent être également dus à la concurrence en éléments nutritifs entre les arbres et les plants de maïs. Des observations semblables ont été faites sur une culture de sorgho associée au néré et au karité où les rendements avaient fléchi dans les parcelles sous houppier (Kessler, 1992). L'auteur souligne que cette diminution de rendement est fortement corrélée à une diminution régulière de l'intensité lumineuse constatée sous les arbres. Selon Kater et al. (1992), les réductions de rendement des cultures sous les karités sont essentiellement dues à l'intensité de l'ombrage et à des maladies fongiques à cause du taux d'humidité élevé sous ombrage.

L'analyse statistique révèle qu'il n'y a pas de différence significative entre les classes de diamètre du houppier de karité. Ces résultats corroborent ceux de Zomboudré et al. (2005) au niveau des formes du houppier (boule et balai) qu'ils ont considérées.

De façon générale, le rendement du maïs a été réduit de 46,64 % sous houppier de karité. Ce résultat est moindre comparativement à la perception des paysans qui pensent que cette réduction peut aller jusqu'à 75% raison de l'élagage des arbres de karité associés aux cultures vivrières. Le résultat obtenu confirme ceux de Kessler (1992), Kater et al. (1992), Wilson et al. (1998), et Boffa et al. (2000) qui ont trouvé 40 à 50% de réduction du rendement du sorgho et du millet sous houppier de karité et de néré comparativement aux cultures en plein air ; et ceux obtenus par Zomboudré et al. (2005) qui trouvent 35 à 54% de réduction pour le maïs sous houppier selon qu'il s'agisse du houppier en boule ou en balai. Ces différents auteurs ont conclu que cette réduction de rendements est due directement à l'effet d'ombrage ou indirectement à la mortalité de la plante due à un excès d'humidité (Kater et al., 1992).

## Conclusion

Il ressort de la présente étude que les arbres de karité ont une influence positive sur l'humidité et la température du sol et cette influence est d'autant plus importante que le houppier est large. Les arbres de karité contribuent au recyclage des nutriments dans l'agro-écosystème en pompant les nutriments des horizons de profondeur lesquels sont recyclés à travers la litière qui retombe sur le sol. Par contre on a noté une influence négative des arbres de karité sur la croissance en hauteur et les rendements en grains et en paille du maïs. La faible valeur obtenue pour chacun de ces paramètres sous houppier n'est pas liée à la taille du houppier de karité.

Au niveau de tous les paramètres de comportement de maïs étudiés, les orientations géographiques Nord, Sud, Est et Ouest n'ont aucun effet significatif. En définitive, l'effet bénéfique sur la fertilité des sols, la réduction de la température et l'augmentation de l'humidité sous houppier n'est donc pas avantageux pour le comportement de maïs et ceci à cause de la forte réduction de la photosynthèse.

## Références bibliographiques

- Baize D., 2000. Guide des analyses en Pédologie. 2ème édition revue et augmentée. INRA, Paris. 257p.
- Baldy C., Stigter C. J., 1993. Agrométéorologie des cultures multiples en régions chaudes. Paris : INRA, 246 p.
- Bayala J., Mando A., Ouédraogo S.J. and Teklehaimanot Z., 2003. Managing *Parkia biglobosa* and *Vitellaria paradoxa* prunings for crop production and improved soil properties in the Sub-Saharan zone of Burkina Faso. *Arid Land Res. Manage.* 17, pp 283-296.
- Bayala J., Mando A., Teklehaimanot Z. and Ouedraogo S.J., 2002. Millet production under pruned tree crowns in a parkland system in Burkina Faso. *Agroforestry system.* 54. pp 203-214.
- Boffa J. M., Taonda S. J. B., Dickey J. B. and Knudson D. M., 2000. Field-scale influence of karité (*Vitellaria paradoxa*) on sorghum production in the Sudan zone of Burkina Faso. *Agroforestry Systems* 49, pp 153-175.



- Boffa J.M., 1999. Agroforestry parklands in Sub-Saharan Africa. FAO Conservation Guide 34. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. In Press.
- Christ B., Van de Ende P., Bertken I., de L. et Peter P., 1994. L'agroforesterie. Agrodok series N° 16 Ed. Agromisa, Wageningen.
- Clarke, W.C. et Tháman R.R., 1993. Agroforestry in the Pacific Islands : systems for sustainability. United Nations University Press, Tokyo Beets, 1999.
- Dah - Dovonon J.Z. & Gnanglè C.P., 2006. Evaluation des potentialités de développement de la filière karité dans les départements de l'Atacora et de la Donga. GTZ/MAEP/MEPN/ProCGRN. 93p
- Dah-Dovonon Z., 2000. Programme de ressources génétiques forestières en Afrique au sud du Sahara. Compte rendu de la seconde réunion du réseau : 11-13 Décembre 2000. CNSF Ouagadougou, Burkina Faso.
- Depommier D., 1996. Structure, dynamique et fonctionnement des parcs à *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev. Caractérisation et incidence des facteurs biophysiques et anthropiques sur l'aménagement et le devenir des parcs de Dossi et de Watinoma, Burkina Faso. Thèse de doctorat, Université de Paris VI, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France.
- FAO, 1990. Guidelines for Soil Profile Description, 3rd edition (revised). Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Soil Reference Information Centre, Land and Water Development Division. FAO, Rome.
- Gbédji E. K. Y., 2003. Caractérisation morphologique et structurale des parcs à néré (*Parkia biglobosa* (Jack.) R. Br. Ex. G. Dom.) au Bénin. Thèse d'Ingénieur Agronome. Université d'Abomey - Calavi. Bénin. 124 p.
- Gnanglè P. C., 2005. Parcs à karité (*Vitellaria paradoxa*) (Gaertn. C. F.) (Sapotaceae) au Bénin : Importance socio-culturelle, caractérisation morphologique, structurale et régénération naturelle. Mémoire de DEA. UAC/FSA. 113p
- IPGRI/INIA, 2006. Descriptors for Shea tree (*Vitellaria paradoxa*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. pp 30-31.
- Jama B., Palm C. A., Buresh R. J., Niang A., Gachengo C., Nziguheba G. & Amadalo B., 2000. *Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya: A review. *Agroforestry Systems* 49, 201-221.

- Jonsson K., 1995. Agroforestry in dry savana areas in africa : interactions between trees, soils and crops. Ph.D. Dissertation. Swedish Univ. of Agricultural Science. Umea, Sweden, 92 p.
- Jonsson K., Ong C.K. and Odongos J.C.W., 1999. Influence of scattered néré and karité on microclimate, soil fertility and millet yield in Burkina Faso. *Experimental Agriculture* 35, pp 39-53.
- Kater L. J. M., Kante S. & Högberg P., 1992. Karité (*Vitellaria paradoxa*) and néré (*Parkia biglobosa*) associated with crops in South Mali. *Agroforestry Systems* 18, pp 89-105.
- Kessler J.J., 1992. The influence of karité (*Vitellaria paradoxa*) and néré (*Parkia biglobosa*) trees on sorghum production in Burkina Faso. *Agrofor. Syst.* 17, pp 97-118.
- Mando A., 1997. The role of termites and mulch in rehabilitation of crusted Sahelian soils. Ph.D. thesis. Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
- Nouhoheflin T. & Coulibaly O., 2005. Importance socio-économique du karité et amélioration des procédés traditionnels d'utilisation de la filière au Bénin. Rapport d'étude. IITA/INIA/IPGRI, Cotonou Bénin. 63p.
- Rondeux J., 1999. Les mesures des arbres et des peuplements forestiers. Gembloux, Belgique : Les presses agronomiques de gembloux, 522p.
- Sokpon N. & Yabi J.A., 2006. Gestion des systèmes de production de commercialisation et de transformation du karité au Bénin. Rapport technique. 48p.
- Sokpon N. et Lejoly J., 1996. Les plantes alimentaires d'une forêt dense caducifoliée : Pobè au sud-est du Bénin in UNESCO (1996). L'alimentation en forêt tropicale : interactions bioculturelles et perspectives de développement, vol 1, pp 315-324.
- Tchatat M., 1999. Produits Forestiers Autres que le Bois d'œuvre (PFAB) : place dans l'aménagement durable des forêts denses humides d'Afrique Centrale. Série FORAFRI, document 18, 95p.
- Tomlinson H., Teklehaimanot Z., Traoré A. and Olapade E., 1995. Soil amelioration and root symbioses of *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth. in West Africa. *Agroforestry Systems* 30, pp 145-159.

Vodouhè F., 2003. Etude socio-économique du pommier sauvage (*Irvingia gabonensis*) dans le système forestier traditionnel au Bénin.

Wickens G. E., 1991. Problème d'aménagement forestier : valorisation des produits forestiers non ligneux. *Unasylva* 165, vol 42 pp 3-8.

Wilson T. D., Brook R. M. & Tomlinson H. F., 1998. Interactions between *nére* (*Parkia biglobosa*) and under-planted sorghum in a parkland system in Burkina Faso. *Experimental Agriculture* 34, pp 85-98.

Zomboudré G., Zombré G., Ouedraogo M., Guinko S. et Macauley H. R. 2005. Réponse physiologique et productivité des cultures dans un système agroforestier traditionnel : cas du maïs (*Zea mays* L.) associé au karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn.) dans la zone est du Burkina Faso. *Biotechnol. Agron Soc. Environ.* 9 (1), pp 75-85.