

Productivité du sorgho et fertilité des sols dans un système agroforestier à base de *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. Rich., *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. et *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst. dans la zone Soudano-sahélienne du Burkina Faso.

KAFANDO Windlassida Abdoul Cader^{1*}, ZOMBOUDRE Georges², HIEN Mipro³.

¹Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles/Département Environnement et Forêts (INERA/DEF), BP 208 Fada N'Gourma, Burkina Faso.

²Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles/ Département Gestion des Ressources Naturelles et Systèmes de Production (INERA/GRN-SP), BP 208 Fada N'Gourma, Burkina Faso.

³Université Nazi Boni, Institut du Développement Rural, Laboratoire des Systèmes Naturels, Agro-systèmes et de l'Ingénierie de l'Environnement (Sy.N.A.I.E), 01 BP 1091 Bobo-Dioulasso 01 Burkina Faso.

* Auteur correspondant : KAFANDO Windlassida Abdoul Cader : E-mail : bigderka1@yahoo.fr

Submission 2nd February 2023. Published online at <https://www.m.elewa.org/Journals/> on 30th April 2023.
<https://doi.org/10.35759/JABs.184.5>

RESUME

Objectifs : La baisse de la fertilité des sols constitue un enjeu majeur tant au niveau national qu'international. Ainsi, pour y faire face, les producteurs des régions de l'Est et du Centre-Est du Burkina Faso ont adopté diverses pratiques agroécologiques dont l'agroforesterie. L'étude a été conduite afin d'évaluer l'effet de trois espèces ligneuses sur la fertilité du sol et la productivité du sorgho.

Méthodologie et résultats : Le dispositif expérimental est constitué de couronnes concentriques placées autour de l'arbre où du sorgho est semé. L'étude a révélé que les caractéristiques chimiques et biologiques du sol sont améliorés sous houppier des espèces (amélioration du statut du carbone organique de 31% sous *D. mespiliformis*, 14% sous *B. aegyptiaca* et 8% sous *P. reticulatum*). Par contre, les rendements grain et biomasse du sorgho ont été significativement plus faibles sous houppier que hors houppier avec un rendement grain de 966,6 kg/ha sous *P. reticulatum*, 820,5kg/ha sous *B. aegyptiaca* et 676,8kg/ha sous *D. mespiliformis* contre un rendement moyen hors-houppier de 1300,16kg/ha.

Conclusion et application : Les trois espèces ligneuses améliorent la fertilité chimique et biologique du sol à travers la litière et les fèces des animaux à la recherche d'ombrage et de pâture. L'exploitation de ces îlots de sols fertiles créés par la présence de *D. mespiliformis*, *B. aegyptiaca* et *P. reticulatum* issus de la Régénération Naturelle Assistée(RNA) permet non seulement de réhabiliter les terres dégradées, mais aussi de constituer une alternative à l'utilisation des intrants chimiques de plus en plus inaccessibles aux paysans. Ainsi, la culture du sorgho associée à ces ligneux devrait s'accompagner de traitements sylvicoles adéquates pour améliorer

la performance de celle-ci sous les houppiers et limiter les compétitions pour l'eau, la lumière et les éléments nutritifs.

Mots clés : Espèces ligneuses, fertilité chimique et microbiologique, rendement, sorgho, Burkina Faso

Sorghum productivity and soil fertility in an agroforestry system based on *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. Rich., *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. and *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst. in the Sudano-Sahelian zone of Burkina Faso.

ABSTRACT

Objectives: The decline in soil fertility is a major issue both nationally and internationally. Thus, to deal with it, producers in the East and Center-East regions of Burkina Faso have adopted various agroecological practices, including agroforestry. The study was conducted to assess the effect of three woody species on soil fertility and sorghum productivity.

Methodology and results: The experimental device consists of concentric crowns placed around the tree where sorghum is sown. The study revealed that the chemical and biological characteristics of the soil are improved under the crown of the species (improvement of the organic carbon status of 31% under *D. mespiliformis*, 14% under *B. aegyptiaca* and 8% under *P. reticulatum*). On the other hand, the grain and biomass yields of sorghum were significantly lower under the crown than outside the crown with a grain yield of 966.6 kg/ha under *P. reticulatum*, 820.5 kg/ha under *B. aegyptiaca* and 676.8 kg/ha under *D. mespiliformis* against an average off-crown yield of 1300.16 kg/ha.

Conclusion and application des résultats: The three woody species improve the chemical and biological fertility of the soil through the litter and faeces of animals seeking shade and grazing. The exploitation of these islands of fertile soils created by the presence of *D. mespiliformis*, *B. aegyptiaca* and *P. reticulatum* resulting from the Assisted Natural Regeneration (ANR) makes it possible not only to rehabilitate the degraded lands, but also to constitute an alternative to the use of inputs increasingly inaccessible to farmers. Thus, the cultivation of sorghum associated with these ligneous plants should be accompanied by adequate silvicultural treatments to improve its performance under the crowns and limit competition for water, light and nutrients.

Keywords: Woody species, chemical and microbiological fertility, yield, sorghum, Burkina Faso

INTRODUCTION

Dans la zone semi-aride de l'Afrique, de nombreux facteurs tels que la baisse de la fertilité des sols, l'inégale répartition des pluies et la faible utilisation des engrains minéraux et organiques réduisent la performance des systèmes de production agricole (Bationo *et al.*, 2007). En Afrique sub-saharienne, la baisse de la fertilité des sols constitue une contrainte majeure à la production agricole. Cette baisse de la fertilité des sols est consécutive à la forte pression anthropique, à l'absence et/ou à la courte durée des jachères, la vaine pâture, à la surexploitation des

ressources ligneuses et aux phénomènes d'érosion liés aux changements climatiques (Bationo *et al.*, 2008). La baisse de la fertilité du sol se traduit généralement par l'épuisement de la teneur des éléments organiques et minéraux du sol notamment la teneur en azote, en phosphore et en matière organique ; ce qui constitue une menace majeure à la production et à la sécurité alimentaire (Bationo *et al.*, 2008). En réponse à la baisse de la fertilité des sols, pour inverser la tendance, diverses technologies ont été expérimentées tant par les producteurs, que par les structures et

organisations intervenant dans le développement rural (Gnissien, 2018). Au nombre de ces technologies figurent le renforcement de l'intégration agriculture-élevage par la production de compost, la pratique de l'agroforesterie notamment la Régénération Naturelle Assistée (RNA) et le recyclage de la biomasse produite par l'association arbre-plante cultivée. L'agroforesterie qui est développée depuis des décennies comme une alternative à la dégradation des sols, constitue une pratique pour concilier les besoins fondamentaux de l'homme et la durabilité des agrosystèmes. En Afrique de l'Ouest subsaharienne, les agriculteurs ont mis en place un système traditionnel d'utilisation des terres appelé système de parcs depuis des générations (Boffa, 2000). La composante ligneuse dans les systèmes de productions agricoles a fait l'objet de nombreuses études parce qu'étant la composante principale du système parc (Kessler et Boni, 1990). Selon Boffa (2000), la

gestion et la conservation des ressources ligneuses dans les parcs agroforestiers demeurent une alternative peu coûteuse et plus accessible aux populations rurales pour maintenir la qualité des sols et améliorer les rendements agricoles. La régénération naturelle assistée des arbres et arbustes est l'une des techniques adoptées par les producteurs agricoles pour améliorer la conservation et la gestion des parcs agroforestiers. Des exemples d'expériences réussies de RNA dans la sous-région ayant fait l'objet d'études (Botoni et Reij, 2009 ; Tougiani et al., 2013) illustrent bien l'importance de la pratique tant pour l'environnement que pour l'amélioration de la sécurité alimentaire des populations rurales. L'objectif visé par cette étude est d'évaluer l'effet de trois espèces ligneuses régénérées dans les parcs agroforestiers sur la fertilité chimique et biologique du sol et la productivité du sorgho.

MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude : L'étude a été conduite dans les régions Est et Centre-Est du Burkina Faso. Dans la région de l'Est, elle a été menée dans le village de Tiguili, (commune rurale de Bilanga) située à l'extrême sud de la province de la Gnagna (Figure 1). Dans la région du Centre-Est, elle a été menée dans les villages de Songretenga et de Tambela, (commune rurale d'Andemtenga) située à 15 km de Koupéla, chef-lieu de la province du Kouritenga (Figure 1). Ces deux communes rurales (Bilanga et Andemtenga) appartiennent au secteur nord soudanien (Fontès et Guinko, 1995), avec un climat de type soudano-

sahélien se caractérisant par une saison pluvieuse relativement courte de mai à septembre et une longue saison sèche d'octobre à avril. Les précipitations annuelles moyennes varient de 700 à 1000 mm (Bahan, 2006 ; Loyé et Gouem, 2006). Les sols sont pour la majorité des sols ferrugineux tropicaux peu lessivés, qui sont surtout rencontrés au centre et au sud de la région de l'Est (Bilanga) et sur la plupart de la région du Centre-Est. Ces sols sont à pentes très faibles voire à pentes quasi-nulles avec d'importants recouvrements de substrat rocheux (Bahan, 2006 ; INERA, 2006 ; Loyé et Gouem, 2006).

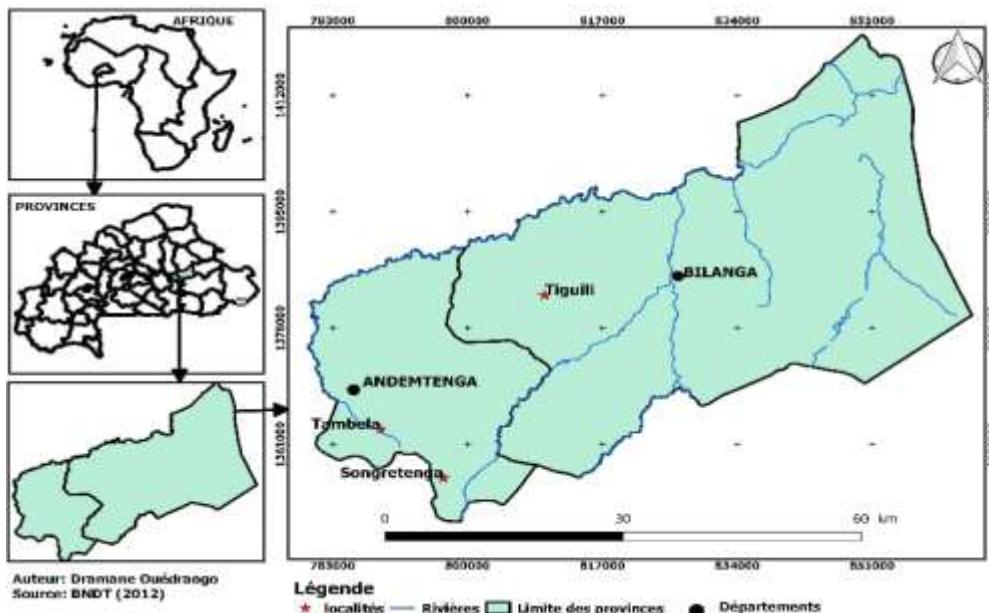


Figure 1 : Carte illustrant la localisation de la zone d'étude.

Matériel : Le matériel végétal utilisé dans cette étude se compose de trois espèces pérennes dont *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. Rich communément appelé “ébénier d’Afrique”, *Balanites aegyptiaca* L (Del.) communément appelé “dattier du désert” et *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst. communément appelé “Pied de chameau ou semellier” et d’une culture annuelle, le sorgho. *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. Rich appartient à la classe des *Magnoliopsida*, l’ordre des *Ericales*, famille des *Ebenaceae*. C’est une espèce présente de l’Afrique tropicale à l’Afrique australe (Arbonnier, 2002). *D. mespiliformis* est un arbre dont la taille varie entre 12 et 15 m de hauteur et peut atteindre 30 m avec un fût droit et cylindrique pouvant atteindre 2 m de diamètre, à cime dense et arrondie. *Balanites aegyptiaca* L (Del.) appartient à la classe des *Magnoliopsida* (Dicotylédones), l’ordre des *Sapindales*, famille des *Balanitaceae*. Normand, (1955) et Arbonnier, (2002) la décrivent comme un arbre ou arbuste dont la cime est sphérique, aplatie ou irrégulière, atteignant 8 à 9 m de haut. Les feuilles, courtement pétiolées, sont composées, bifoliolées, atteignant 1 à 7 cm de long,

insérées sous la base des épines (Arbonnier, 2002). *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst. est un arbuste persistant de la famille des *Caesalpiniaceae* (Leguminosae), naturellement présent dans les régions soudano-sahélienne et soudanienne (Arbonnier, 2002). *Piliostigma reticulatum* est un arbuste ou petit arbre de 8-9 m atteignant parfois 10 m de haut, à fût rarement droit, parfois buissonnant par rejet de souches, à cime arrondie et touffue. Les feuilles sont alternes, coriaces, glabres en-dessous, fortement bilobées à lobes arrondis à base. La variété de sorgho cultivée en association avec ces trois espèces ligneuses est une variété locale. Son système radiculaire est constitué de racines adventives très puissantes. Son cycle végétatif va de 100 à 110 jours. Elle est caractérisée par une productivité élevée, une excellente régularité du rendement et une tolérance à la sécheresse. Son rendement grain moyen en milieu paysan est de 1,7 t/ha. Son aire de culture est comprise entre les isohyètes 600 et 900 mm. Il tolère les sols dont le pH varie de 4,5 à 8. Il préfère cependant, des sols ayant une bonne capacité de rétention en eau et au moins 20% d’argile avec un bon drainage (House, 1987).

Méthode

Échantillonnage : Pour mener à bien notre étude, nous avons commencé par une prospection terrain dans chaque commune (Andemtenga et Bilanga). Cette phase prospective a permis d'avoir un aperçu qualitatif de la pratique de la RNA dans le système agroforestier de la zone d'étude. Aussi, un focus groupe a permis d'identifier les espèces ligneuses des parcs qui sont considérées comme améliorant la fertilité des sols selon les producteurs. A l'issue de la prospection et du focus groupe, nous avons procédé à l'identification des champs. Ces champs ont été retenus sur les bases suivantes :

- contenir au moins 10 pieds de l'une des espèces ligneuses précédemment identifiées par les producteurs lors du focus groupe ;
- l'accessibilité du champ et la bonne collaboration du producteur.

Sur la base de ces critères, trois parcs agroforestiers contenant chacune une espèce dominante ont été retenus.

Dispositif expérimental et collecte de données : Dans chaque parc, quatre individus ont été sélectionnés. Sous ces individus, le dispositif expérimental a été installé (Figure 2). Pour chaque individu, le rayon du houppier, la

hauteur totale et de diamètre à hauteur de poitrine ont été déterminés. Ainsi, la placette de relevé a été matérialisée par deux cercles autour de chaque individu. À l'aide de piquets de 0,5 m et de ficelle, nous avons matérialisé le premier cercle sous houppier qui a été à la distance égale au rayon du houppier ; le deuxième cercle a été formé à la distance égale à deux fois le rayon du houppier (Gbemavo et al., 2010 ; Yélémou et al., 2013 ; Abdou et al., 2014). Pour évaluer la contribution des espèces ligneuses à la fertilité chimique et biologique du sol, des échantillons composites de sols ont été prélevés à l'aide d'une tarière manuelle à la profondeur de 0-10cm dans le premier cercle (sous houppier) et dans le second cercle (hors houppier). Vingt-quatre (24) échantillons de sol ont donc été prélevés au total. À la fin de la campagne agricole, l'ensemble de la production de chaque cercle a été récolté et séché au soleil durant une semaine le sorgho. À l'issu de cela, le rendement grain et la biomasse sèche de la variété locale du sorgho ont été évalués sous et hors houppier des arbres dans chaque parc agroforestier. Une balance électronique a été utilisée pour peser la biomasse et les graines du sorgho.

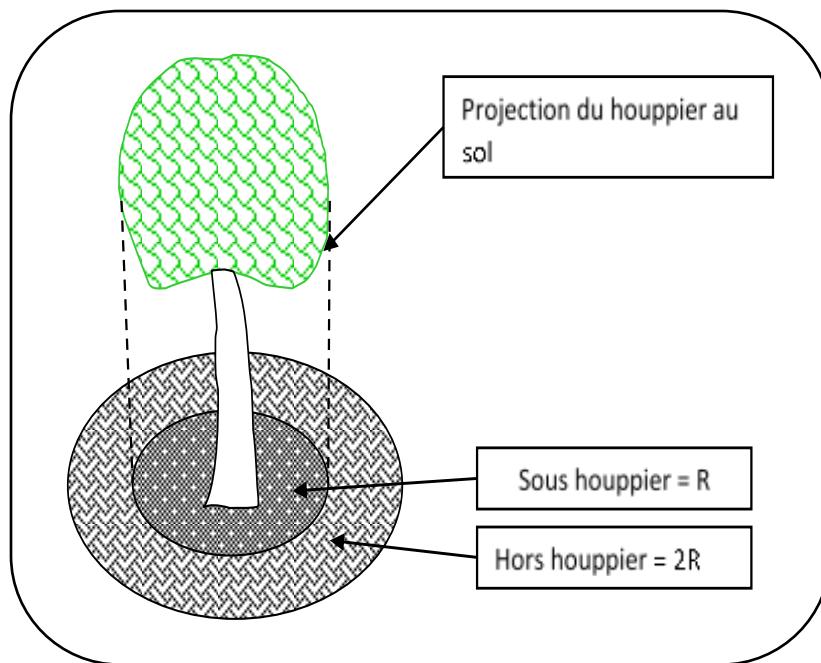


Figure 2 : Dispositif expérimental en couronnes concentriques.

Méthodes d'analyse des sols au laboratoire : Les échantillons de sol prélevés ont été séchés à l'air libre puis pilés et tamisés manuellement à l'aide d'un tamis de 2 mm de maille. Pour l'analyse chimique, les échantillons de sol ont été acheminés au Laboratoire Sol-Eau-Plante de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) de Farako-Bâ.

- La détermination du pH a été faite selon la méthode de AFNOR en utilisant un rapport sol / eau de 2:5 ;

- Le carbone organique a été déterminé par la méthode de Walkey and Black ;

- L'azote total par la méthode de Kjeldahl ;

- Le phosphore total a été dosé à l'auto analyseur automatique ; l'extraction du phosphore assimilable des sols a été faite selon la méthode de Bray 1 ;

- L'extraction du potassium a été faite avec 0,1 N d'acide chlorhydrique (HCl) et 0,4 N d'acide oxalique (HzCn04).

Pour l'analyse microbiologique, les échantillons de sol ont été analysés au

laboratoire de Microbiologie Forestière (INERA/DEF Ouagadougou).

- Pour le test respirométrique, l'analyse a été réalisée par la technique de la mesure du CO₂ dégagé par la biomasse microbienne développée par Dommergues et adaptée par Asimi et al. (2000) ;

- La détermination de la biomasse microbienne a été faite selon la méthode fumigation-incubation de Jenkinson et Powlson décrite par Asimi et al. (2000).

Analyse des données : Pour l'analyse des paramètres de fertilité de sols et du rendement, du fait de l'inégalité de la taille des échantillons par région, nous avons effectué le test non paramétrique de Kruskal-Wallis pour évaluer l'effet des espèces ligneuses sur les propriétés chimiques et biologiques des sols ainsi que le rendement du sorgho. La comparaison multiple par paire a été faite suivant la procédure de Dunn. Tous les tests statistiques ont été réalisés au seuil de 5%. L'analyse des données des paramètres de fertilité du sol a été réalisée à l'aide du logiciel Mini tab version 17.

RESULTATS

Effets des trois espèces ligneuses sur les caractéristiques chimiques des sols : La caractérisation chimique des sols a porté sur les 5 propriétés suivantes : pH eau, carbone total, azote total, P-assimilable et K-disponible (Tableau 1). Les caractéristiques chimiques et biologiques du sol ont révélé des variations liées au type d'espèce ligneuse. Pour le pH eau, les sols sous houppier du *D. mespiliformis* présentent un pH modérément basique ($7,35 \pm 0,29$), tandis que celui sous houppier de *B. aegyptiaca* ont un pH quasiment neutre ($6,96 \pm 0,4$) et ceux sous houppier du *P. reticulatum* ont un pH acide ($6,25 \pm 0,33$). L'analyse de variance montre qu'il y a une différence hautement significative ($p < 0,000$) du pH sous le houppier des trois espèces ligneuses (Tableau 1). Cependant, il n'y a pas de différence significative entre les valeurs du pH observées sous houppier et hors houppier de chacune des trois espèces ligneuses. Pour le carbone organique, sa teneur est très élevée dans le sol situé sous les houppiers des trois espèces ligneuses et très faible dans le sol en dehors des houppiers. La teneur la plus élevée en carbone du sol est observée sous les houppiers de *D. mespiliformis* ($0,8 \pm 0,11\%$), suivi de *P. reticulatum* ($0,65 \pm 0,12\%$) et de *B. aegyptiaca* ($0,56 \pm 0,09\%$). L'analyse de variance montre qu'il y a une différence significative ($p < 0,01$) entre les teneurs en

carbone sous le houppier des différentes espèces (Tableau 1). Pour l'azote total, sa teneur est plus élevée dans le sol sous les houppiers des trois espèces ligneuses et plus faible en dehors des houppiers. La plus forte teneur en azote du sol est observée sous le houppier de *D. mespiliformis* ($0,083 \pm 0,01\%$), suivi de *P. reticulatum* ($0,066 \pm 0,01\%$) et la plus faible teneur en azote du sol, sous le houppier de *B. aegyptiaca* ($0,063 \pm 0,01\%$). L'analyse de variance montre qu'il y a une différence significative ($p = 0,037$) entre les teneurs en azote sous le houppier des différentes espèces (Tableau 1). Pour le phosphore assimilable, sa quantité dans le sol sous les houppiers des trois espèces ligneuses est plus élevée que celle en dehors des houppiers. La plus forte quantité en phosphore assimilable dans le sol est observée dans le sol sous *B. aegyptiaca* ($10,78 \pm 2,6$ mg/kg de sol), suivi de *D. mespiliformis* ($7,88 \pm 3,4$ mg/kg de sol) et la plus faible quantité, sous le houppier de *P. reticulatum* ($2,88 \pm 0,61$ mg/kg de sol). L'analyse de variance montre qu'il y a une différence très hautement significative ($p < 0,000$) entre les quantités de phosphore assimilable sous le houppier des différentes espèces (Tableau 1). Le potassium disponible entre les trois espèces ligneuses ne présente pas de différence significative ($P = 0,286$) quel que soit le niveau de prélèvement.

Tableau 1 : Caractéristiques chimiques du sol sous et hors houppier de trois espèces ligneuses dominantes dans les parcs agroforestiers des villages de Tiguili, Songretenga et Tambela.

Espèces	<i>B. aegyptiaca</i>	<i>D. mespiliformis</i>	<i>P. reticulatum</i>	Valeur p de Kruskal-Wallis	Signification			
Zone de prélevement	Sous houppier Hors Houppier							
pH eau	6,96 ^a ±0,40	6,92 ^a ±0,38	7,35 ^a ±0,29	7,35 ^a ±0,24	6,25 ^b ±0,33	6,23 ^b ±0,28	0,000 0,000	HS HS
C total (%)	0,56 ^b ±0,09	0,49 ±0,12	0,8 ^a ±0,11	0,61 ±0,22	0,65 ^b ±0,12	0,6 ±0,12	0,01 0,165	S NS
N total (%)	0,063 ^b ±0,01	0,05 ±0,02	0,083 ^a ±0,01	0,06 ±0,02	0,066 ^b ±0,01	0,06 ±0,01	0,037 0,291	S NS
P_ass (mg/kg de sol)	10,78 ^a ±2,6	6,23 ^a ±3,3	7,88 ^a ±3,4	7,84 ^a ±1,3	2,88 ^b ±0,61	2,62 ^b ±0,68	0,000 0,002	HS S
K_disp (mg/kg de sol)	166,9 ±41,6	139,2 ±52,4	140,6 ±26,7	129,2 ±26	136,0 ±38,4	123,3 ±45	0,286 0,691	NS NS

C total = carbone total ; N total = Azote total ; C/N = rapport carbone/azote ; P_ass = Phosphore assimilable ; K_disp = potassium disponible. Les valeurs précédées du signe ± désignent les écarts-types entre les répétitions d'un même traitement. Les valeurs affectées des mêmes lettres dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (comparaison multiple par paire suivant la méthode de Tukey)

Effets des trois espèces ligneuses sur les caractéristiques microbiologiques des sols : La caractérisation microbiologique des sols quant à elle a porté sur les deux (2) propriétés suivantes (Tableau 2) : cumul de CO₂ dégagé (exprimé en mg CO₂/100g de sol) et biomasse microbienne (exprimé en mg C/100g de sol). L'analyse de la variance du cumul de CO₂ dégagé des sols prélevés sous les houppiers des trois espèces ligneuses a révélé des différences hautement significatives ($P < 0,002$) entre ces espèces (Tableau 2). Pour chaque espèce ligneuse, le cumul de CO₂ dégagé au cours des 14 jours d'incubation est plus élevé sous le houppier qu'en dehors du houppier. Au cours des 14 jours d'incubation des sols sous les houppiers des trois espèces ligneuses, le cumul de CO₂ dégagé le plus élevé a été enregistré sous *D. mespiliformis* ($88,33 \pm 12,9$ mg/100g de sol), puis sous *B. aegyptiaca* ($64,28 \pm 11,9$

mg/100g de sol) et sous *P. reticulatum* ($52,31 \pm 10,8$ mg/100g de sol). Sous les houppiers, l'activité respiratoire indique que *D. mespiliformis* produit 69% de CO₂ de plus que *P. reticulatum* et 37% de CO₂ de plus que *B. aegyptiaca*. Pour la biomasse microbienne du sol, l'analyse de la variance a révélé des différences hautement significatives ($P < 0,000$) entre les sols prélevés sous les houppiers des trois espèces ligneuses (Tableau 2). Pour chaque espèce ligneuse, la quantité de biomasse microbienne du sol est significativement plus élevée sous houppier que hors houppier. La plus grande quantité de biomasse microbienne a été enregistrée sous le houppier de *D. mespiliformis* ($76,06 \pm 12,21$ mg/100g de sol), suivie de celle sous *B. aegyptiaca* ($54,28 \pm 9,2$ mg/100g de sol) et sous *P. reticulatum* ($38,88 \pm 2,19$ mg/100g de sol).

Tableau 2 : Cumul de CO₂ dégagé (mg/100g de sol) et de la biomasse microbienne du sol sous et hors houppier de trois espèces ligneuses.

Zone de prélevement	Cumul de CO ₂ dégagé (mg CO ₂ / 100g de sol)		Biomasse microbienne (mg C / 100 g de sol)	
	Sous Houppier	Hors Houppier	Sous Houppier	Hors Houppier
<i>B. aegyptiaca</i>	$64,28^b \pm 11,9$	$61,93 \pm 22,4$	$54,28^b \pm 9,2$	$51,15 \pm 22,2$
<i>D. mespiliformis</i>	$88,33^a \pm 12,9$	$43,51 \pm 8,6$	$76,06^a \pm 12,2$	$35,95 \pm 4,7$
<i>P. reticulatum</i>	$52,31^b \pm 10,8$	$49,12 \pm 12,4$	$38,88^c \pm 2,2$	$34,34 \pm 2,19$
Valeur p de Kruskal-Wallis	0,002	0,280	0,000	0,193
Signification	HS	NS	HS	NS

Les valeurs affectées des mêmes lettres dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (comparaison multiple par paire suivant la méthode de Tukey).

Effets des trois espèces ligneuses sur la productivité du sorgho : L'évaluation du rendement sorgho a porté sur le rendement en grain et celui en paille de sorgho (Tableau 3). L'analyse de la variance du rendement sous les houppiers des trois espèces ligneuses a révélé des différences hautement significatives entre ces espèces ($P < 0,001$) pour la biomasse sèche et ($P < 0,036$) pour le rendement grain du sorgho (Tableau 3). Contrairement aux paramètres chimiques et biologiques, pour

chaque espèce ligneuse, le rendement biomasse sèche et le rendement grain du sorgho sont significativement plus faibles sous houppier que hors houppier. Sous les houppiers des trois espèces ligneuses le plus grand rendement en biomasse sèche de sorgho a été obtenu sous *B. aegyptiaca* ($4361,1 \pm 721,9$ kg/ha), puis sous *P. reticulatum* ($4268,3 \pm 810,3$ kg/ha) et de *D. mespiliformis* ($1965,1 \pm 392,9$ kg/ha). Sous les houppiers des trois espèces ligneuses le plus grand rendement

grain de sorgho a été obtenu sous *P. reticulatum* ($966,6 \pm 32,9$ kg/ha), suivi de sous *B. aegyptiaca* ($820,5 \pm 19,2$ kg/ha) et de *D. mespiliformis* ($676,8 \pm 96,2$ kg/ha).

Tableau 3 : Rendement biomasse (kg/ha) et rendement grain (kg/ha) sous et hors houppier de trois espèces ligneuses.

	Rendement biomasse sèche (kg/ha)		Rendement grain (kg/ha)	
Zone de prélevement	Sous Houppier	Hors Houppier	Sous Houppier	Hors Houppier
<i>B. aegyptiaca</i>	$4361,1^a \pm 72,9$	$5468,3 \pm 75,4$	$820,5^a \pm 19,2$	$1365,8 \pm 82,1$
<i>D. mespiliformis</i>	$1965,1^b \pm 392,9$	$4282,51 \pm 8,6$	$676,8^b \pm 96,2$	$1245,5 \pm 41,7$
<i>P. reticulatum</i>	$4268,3^a \pm 810,3$	$5025,52 \pm 12,4$	$966,6^a \pm 32,9$	$1289,2 \pm 55,2$
Valeur p de Kruskal-Wallis	0,001	0,281	0,036	0,209
Signification	HS	NS	S	NS

Les valeurs affectées des mêmes lettres dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seul de 5% (comparaison multiple par paire suivant la méthode de Tukey).

DISCUSSION

Effets des trois espèces ligneuses sur les caractéristiques chimiques et microbiologiques des sols : Pour cette étude, d'une manière générale, les caractéristiques chimiques des sols indiquent que les teneurs des éléments chimiques déterminés sont plus élevées sous les houppiers des trois espèces ligneuses concernées qu'en dehors des houppiers. En effet, plusieurs études réalisées dans le cadre de la détermination des potentialités des systèmes agroforestiers dans l'amélioration de la fertilité des sols ont montré que la présence des ligneux améliorait les caractéristiques chimiques et biologiques des sols (Grouzis et al. (1998 et 2006), Boffa et al. (2000), Bayala et al. (2002 et 2003)). D'après Diarra (2009), les teneurs moyennement élevées sous les houppiers sont liées à des facteurs intrinsèques ou extrinsèques à l'arbre. Le fait que le pH des sols soit différent d'une espèce à une autre pourrait s'expliquer par la composition chimique des feuilles de chacune d'elles et la nature du sol de la zone d'étude. En effet, les travaux de Yélémou et al., (2013) avaient relevé que le caractère acide des sols ferrugineux tropicaux pourrait être à l'origine du pH acide constaté sous le houppier de *P. reticulatum*. L'amélioration du statut du

carbone organique des sols sous houppier de 31% sous *D. mespiliformis*, 14% sous le *B. aegyptiaca* et 8% sous *P. reticulatum* corrobore les résultats de Yélémou et al., (2013) qui avaient indiqué une amélioration du statut de carbone de 67% sous le houppier de *P. reticulatum*. En outre, des résultats similaires ont été obtenus avec une augmentation nette de 40 à 80% du statut du carbone organique avec des espèces du genre Acacia dans la zone Est du Burkina Faso par Traoré et al., (2007). Selon Yélémou et al., (2013), le taux élevé de carbone sous houppier est à mettre en relation avec les apports dus à la chute des feuilles et des brindilles. Pour l'espèce *B. aegyptiaca*, le fort taux de carbone pourrait s'expliquer en partie par la présence du bétail sous l'espèce surtout en saison sèche qui tout en consommant les feuilles et fruits de l'espèce (Kaboré et al., 2008) y rejettent les déjections. L'amélioration du statut de l'azote total sous houppier de 33% pour *D. mespiliformis*, 20% pour le *B. aegyptiaca* et 17% pour *P. reticulatum* corrobore les résultats de Yélémou et al., (2013) qui avaient indiqué une amélioration du statut de l'azote de 62% sous le houppier de *P. reticulatum*. L'augmentation de l'azote total sous houppier

de *D. mespiliformis* et *P. reticulatum* pourrait être liée à la litière due à l'abondante biomasse foliaire de l'espèce (Yaméogo et al., 2005). Traoré et al. (2007) avaient obtenu une augmentation du taux d'azote sous houppier de l'ordre de 24 à 126%. Le phosphore assimilable qui est également en quantité plus élevée sous ces espèces qu'en dehors du houppier peut être justifié par les apports des résidus (feuilles et débris de bois) de ces ligneux. Selon Breman et Kessler (1995), le taux élevé de carbone organique s'explique généralement par une litière composée de lignine qui contribue à la diminution des processus de minéralisation. Selon Yélémou et al. (2013), la décomposition des litières est liée à leur teneur en azote, les rapports C/N et lignine/N ; une litière riche en lignine se décompose plus difficilement. La biomasse foliaire de *P. reticulatum* et de *D. mespiliformis* contient une faible teneur en lignine (Iyamuremye et al. (2000), Ali (2018) et Ouédraogo (2021)). La matière organique sous *P. reticulatum* et *D. mespiliformis* est donc de type améliorant, c'est-à-dire facilement dégradable pour permettre le développement des cultures. D'après les travaux de Somé et al. (2007), l'activité biologique qui permet de suivre la dynamique des processus de décomposition et de transformation de la matière organique est un bon indicateur de la fertilité d'un sol. L'activité microbienne dans la zone d'étude s'est traduite par un dégagement cumulé de CO₂ significativement plus important sous houppier que hors houppier. Elle a été plus importante sous le houppier de *D. mespiliformis* que sous les houppiers de *B. aegyptiaca* et de *P. reticulatum*. Ce fort taux de dégagement cumulé de CO₂ sous *D. mespiliformis* serait dû à la quantité plus importante de la matière organique issue des feuilles sénescentes qui sont plus abondantes que celles de *P. reticulatum* et de *B. aegyptiaca*. Pour Chaussod et al. (1986), l'activité biologique a comme support énergétique la matière

organique. Pal et al. (2006) ont également confirmé cette hypothèse en utilisant les déchets urbains comme une source d'énergie pour les organismes vivants du sol. La quantité de biomasse microbienne du sol étant significativement plus élevée sous houppier que hors houppier révèle que les résidus (feuilles et débris de bois) de ces espèces ont une influence sur l'activité microbienne. La quantité élevée de biomasse microbienne sous le houppier de *D. mespiliformis* comparativement à celle sous *P. reticulatum* et *B. aegyptiaca* pourrait être due à la quantité plus élevée de matières organiques fournie par *D. mespiliformis* que *P. reticulatum* et *B. aegyptiaca*. Ces résultats corroborent ceux de Chaussod et al. (1986), de Nacro (1997) et de Bilgo et al. (2007) qui ont mis en évidence une corrélation positive entre la matière organique et la biomasse microbienne. Les apports organiques, en plus de la fertilité des sols, améliorent la structure et la porosité du sol (Ouédraogo et al., 2001). En effet, Lagomarsino et al. (2006) ont confirmé que la respiration du sol est étroitement dépendante de la qualité et de la quantité des substrats incorporés dans le sol. Les arbres régénérés dans les systèmes agroforestiers contribuent à améliorer le couvert végétal tout en maintenant l'humus et l'humidité du sol (Kagné, 2012). Ces effets bénéfiques guident les paysans dans le choix des espèces à gérer (Larwanou et al., 2010).

Effets des trois espèces ligneuses sur le rendement du sorgho : Contrairement aux caractéristiques chimiques et biologiques du sol, les rendements grain et biomasse sèche du sorgho cultivé en association avec ces trois espèces ligneuses sont significativement plus faibles sous le houppier qu'en dehors houppier. De même, sous le houppier, les rendements grain et biomasse sèche du sorgho varient significativement d'une espèce à l'autre. Ceci indique que ces espèces ligneuses n'influencent pas de la même façon sur la croissance du sorgho. Ce résultat est en accord

avec celui de Bayala et al. (2002) qui ont rapporté que le rendement grain et matière sèche du mil (*Pennisetum glaucum*) étaient plus élevés sous le karité comparativement au néré. Bien que l'expression de la richesse du sol en carbone et azote total sous houppier semble meilleure, il en demeure que le rendement du sorgho est approximativement équivalent pour ces trois espèces à celui du sorgho en culture pure qui est d'environ 800 kg/ha (Trouche et al., 2001). En effet, la forme très compacte du houppier observée chez *D. mespiliformis*, a tendance à réduire beaucoup plus la lumière et l'eau pour les cultures sous-jacentes (Zombodré et al., 2005). Cette réduction de la lumière impacte sur la photosynthèse et réduit par conséquence la productivité des cultures sous les houppiers. En revanche, selon Yélémou et al. (2013), la

taille basse du houppier de *P. reticulatum* et la hauteur des pieds de sorgho (au niveau du houppier ou sortant au-dessus du houppier) expliqueraient la bonne production du sorgho sous *P. reticulatum*. Les écarts de rendement du sorgho entre les espèces, selon la taille et la forme de leur couronne, sont révélateurs d'un effet de compétition pour la lumière et l'eau entre les cultures et les arbres. Ainsi, un solide argument en faveur de l'élagage des arbres offrirait la possibilité d'accroître le rendement des cultures en augmentant leur exposition à la lumière du soleil (Boffa, 2000). La présence d'arbres dans les exploitations participe à l'intensification agricole dans une dynamique d'intégration cultures-ligneux-animaux (agriculture, foresterie et élevage) au sein de ces exploitations (Larwanou et al., 2006).

CONCLUSION ET APPLICATION DES RESULTATS

Cette étude a été réalisée dans le but d'évaluer les effets des espèces ligneuses sur la fertilité des sols et la productivité du sorgho dans les parcs agroforestiers des régions du Centre-Est et de l'Est du Burkina Faso. Les résultats auxquels nous sommes parvenus, permettent de répondre aux questions ci-après :

Quels sont les effets des espèces ligneuses sur la fertilité chimique et biologique des sols des parcs agroforestiers ? Pour cette étude, d'une manière générale, les caractéristiques chimiques et microbiologiques des sols indiquent que les teneurs des éléments chimiques déterminés sont plus élevés sous les houppiers des trois espèces que hors houppier. Le statut du carbone organique et de l'azote sont améliorés sous les houppiers des trois espèces mais beaucoup plus sous le houppier de *D. mespiliformis*. L'activité microbienne s'est traduite par un dégagement cumulé de CO₂ significativement plus important sous houppier que hors houppier. Elle a été plus importante sous *D. mespiliformis* que sous *B. aegyptiaca* et sous *P. reticulatum*. La quantité de biomasse microbienne du sol suit la même

tendance à cause de la différence de la matière organique constatée entre ces espèces ligneuses.

Quels sont les effets des espèces ligneuses sur le rendement grain et biomasse sèche du sorgho des parcs agroforestiers ? S'agissant du rendement du sorgho, l'étude a révélé que les espèces ligneuses ont une influence négative sur le rendement du sorgho à travers la densité et la taille des houppiers qui réduit la lumière et l'eau pour les cultures. Ainsi, les rendements grain et biomasse sèche du sorgho pour les trois espèces sont significativement plus faible sous le houppier que hors houppier. Cependant, le rendement du sorgho pourrait être amélioré de façon très significative par une coupe partielle ou totale du houppier ; ce qui permettrait de valoriser l'importante richesse du sol sous houppier de ces espèces ligneuses. L'exploitation du microclimat créé par la présence de *D. mespiliformis*, *B. aegyptiaca* et *P. reticulatum* issus de la RNA devrait permettre non seulement de réhabiliter les terres dégradées, mais aussi de constituer une alternative aux intrants chimiques de plus

en plus inaccessibles aux paysans. En fonction des besoins des producteurs à satisfaire (élevage, culture, bois énergie, pharmacopée),

un compromis doit être trouvé dans le modèle de gestion des arbres dans les champs afin de permettre une production durable.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdou MM, Alzouma Mayaki Z, Dan Lamso N, Elhadji Seybou D, Ambouta J-MK, 2014. Productivité de la culture du sorgho dans un système agroforestier à base d'*Acacia senegal* (L) Willd au Niger. *Journal of Applied Biosciences* 82 : 7339 – 7346.
- Ali Ado M, 2018. Dynamique et rôles socioéconomiques des populations de *Diospyros mespiliformis* Hochst. Ex A. Rich au Niger. *Thèse de doctorat unique, Université Abdou Moumouni de Niamey*, 173p.
- Arbonnier M, 2002. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. *CIRAD MNHN - UICN, Montpellier (France)*, 541 p.
- Asimi S, Sedogo PM, Ayemou A, Lompo F, 2000. Influence des modes de gestion des terres sur la respiration du sol et le carbone de la biomasse microbienne. *Sciences et techniques, Sciences naturelles et agronomiques*. 42-53 pp.
- Bahan Dalomi, 2006. Monographie de la région de l'Est, Direction Régionale de L'économie et du développement de l'Est, Fada N'Gourma (Burkina), 154p.
- Bationo A, Waswa B, Kihara J, Kimetu J, 2007. Advances in integrated soil fertility management in sub-Saharan Africa: Challenges and opportunities. 10-91pp.
- Bationo A, Tabo R, Waswa B, Okeyo J, Kihara J, Fosu M, Kaboré S, 2008. Synthesis of soil, water and nutrient management research in the Volta Basin. 332p.
- Bayala J, Teklehaimanot Z et Ouédraogo SJ, 2002. Millet production under pruned tree crown in a parkland system in Burkina Faso. *Agroforestry Systems* 54, 203- 214.
- Bayala J, Mando A & Ouédraogo S. J., 2003. Managing Parkia biglobosa and Vitellaria paradoxa prunings for crop production and improved soil properties in the Sub-Sudanian zone in Burkina Faso. *Arid Land Research and Management* 17, 283-296.
- Bilgo A, Masse D, Sall S, Serpantié G, Chotte J-L, Hien V., 2007. Chemical and microbial properties of semiarid tropical soils of short-term fallows in Burkina Faso, West Africa. *Biology and Fertility of Soils* 43, 313–320.
- Boffa JM, 2000. Les parcs agroforestiers en Afrique de l'Ouest : clés de la conservation et d'une gestion durable. *Unasylva 200, vol. 51, 2000*. Pp11-16.
- Botoni E, Larwanou M & Reij C, 2010. La régénération naturelle assistée (RNA) : une opportunité pour reverdir le Sahel et réduire la vulnérabilité des populations rurales. *CILSS*. Pp151-162.
- Breman H et Kessler JJ, 1995. Woody Plants in AgroEcosystems of Semi-Arid regions with an Emphasis on the sahelian Countries. *Adv. Ser. Agric. Sci.*, 23. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Chaussod R, Nicolardot B, Soulard G, Joannes H, 1986. Mesure de la biomasse microbienne dans les sols cultivés. II – Cinétique de minéralisation de matière organique microbienne marquée au carbone 14. *Rev. Ecol. Sol.* 23 (2), p. 183–196.
- Diarra BG, 2009. Influence du phosphore, de l'azote et du houppier sur les rendements du sorgho (*Sorghum bicolor*), les fractions du phosphore et l'activité des microorganismes du sol d'un parc agroforestier de la zone soudanienne du Burkina Faso.

- Mémoire de fin de cycle, Institut du développement rural (IDR), Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 70p.
- Fontès J et Guinko S, 1995. Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Notice explicative du Ministère de la coopération française. Projet campus, Toulouse, 68p.
- Gbemavo DSJC, Glèlè Kakaï R, Assogbadjo AE, Katary A, Gnanglè P, 2010. Effet de l'ombrage du karité sur le rendement capsulaire du coton dans les agroécosystèmes coton-karité du Nord Bénin. *TROPICULTURA*, 2010, 28, 4, 193-199.
- Gnissien M, 2018. Evaluation des effets et impacts agroenvironnementaux des pratiques agro-écologiques et de leurs conditions de développement dans la région de l'Est du Burkina Faso. *Mémoire de Master 2, Institut du développement rural (IDR), Université Nazi Boni, Burkina Faso*, 80p.
- Grouzis M et Akpo EE, 1998. Dynamique des interactions entre arbre et herbe en milieu sahélien. Influence de l'arbre sur la structure herbacée. *Acacia au Sénégal* 37-46.
- Grouzis M et Akpo E, 2006. Interaction arbre - herbe au sahel. *Sécheresse*, 17, 318-325.
- House LR, 1987. Manuel pour la sélection du sorgho. Deuxième édition. Patancheru, A.P. 502 324, Inde: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- INERA, 2006. Etats des lieux des lieux des connaissances de la région de l'Est. Volet Recherche Action en milieu réel du PICOFA.
- Iyamuremye F, Gewin V, Dick RP, Diack M, Sene M, Badiane A, 2000. Carbon, Nitrogen and Phosphorus Mineralization Potential of Native Agroforestry Plant Residues in Soils of Senegal, Arid Soil Research and Rehabilitation, 14 : 4, 359-371, DOI : [10.1080/08903060050136469](https://doi.org/10.1080/08903060050136469)
- Kaboré-Zoungrana C, Diarra B, Adandedjan C & Savadogo S., 2008 : Valeur nutritive de *Balanites aegyptiaca* pour l'alimentation des ruminants. *Livestock Research for Rural Development. Volume 20, Article #56*. Retrieved January 20, 2022, from <http://www.lrrd.org/lrrd20/4/kabo20056.htm>
- Kagné F, 2012. Impact socio-économique de la régénération naturelle assistée (RNA) dans les stratégies d'amélioration des moyens de subsistance des producteurs agricoles : cas de la Gnagna et du Gourma. *Mémoire de fin de cycle, Institut du développement rural (IDR), Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso*, 80p.
- Kessler JJ, Boni J, 1990. L'agroforesterie au Burkina Faso : bilan et analyse. *Agricultural University, 1990*.
- Lagomarsino A, Moscatelli MC, De Angelis P, Grego S, 2006. Labile substrates quality as the main driving force of microbial mineralization activity in a poplar plantation soil under elevated CO₂ and nitrogen fertilization. *Science of the Total Environment* 372, 256–265.
- Larwanou M et Abdoulaye M, Reij c, 2006. Régénération naturelle assistée dans la région de Zinder (Niger). *USAID*. 48p.
- Loyé AS et Gouem WMS, 2006. Monographie de la région du Centre-Est, Direction Régionale de L'économie et du développement du Centre-Est, Tenkodogo (Burkina), 160p.
- Nacro HB, 1997. Hétérogénéité de la matière organique dans un sol de savane humide (Lamto, Côte d'Ivoire), caractérisation chimique et étude in vitro, des activités microbiennes de

- minéralisation du carbone et de l'azote.
Thèse de Doctorat, Ecologie Générale.
Université Pierre et Marie Curie – Paris VI, France. 302 p.
- Normand D, 1955. Atlas des bois de la Côte d'Ivoire. Tome II, publication n°9 du Centre Technique Forestier Tropical, NOGENTS - SUR - MARNE (seine)-France, 132 p.
- Ouédraogo Korotimi, 2021. Ecologie et services écosystémiques de *Diospyros mespiliformis* Hochst. Ex a. Rich et de *Gardenia erubescens* Srapf & Hutch. Suivant un gradient climatique au Burkina Faso (Afrique de l'Ouest).
Thèse de Doctorat, Université de Ouagadougou. 238 p.
- Pal R, Chakrabarti K, Chakraborty A, Chowdhury A, 2006. Degradation and effects of pesticides on soil microbiological parameters-A Review. *International Journal of Agricultural Research* 1 (3): 240-258.
- Somé AN, Traoré K, Traoré O, Tassembédo M, 2007. Potentiel des jachères artificielles à *Andropogon spp.* dans l'amélioration des propriétés chimiques et biologiques des sols en zone soudanienne (Burkina Faso). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2007 11 (3), 245–252.
- Tougiani A, Boubacar K, Boureima M, Abdou G, 2013. Pratique et Gestion de la Régénération Naturelle Assistée. INRAN Note technique. Niamey : Institut National de Recherche Agronomique du Niger, 9p.
- Traoré S, Thiombiano L, Millogo JR, Guinko S, 2007. Carbon and nitrogen enhancement in Cambisols and Vertisols by *Acacia spp.* in eastern Burkina Faso: Relation to soil respiration and microbial biomass. *Appl. Soil Ecol.*, 35, 660-669.
- Trouche G, Da S, Palé G, Sohoro A, Ouédraogo O, Goso GD, 2001.
- Evaluation participative de nouvelles variétés de sorgho au Burkina. Sélection participative, Montpellier, 5-6 septembre 2001. 36 – 55.
- Yaméogo G, Yélémou B & Traoré D, 2005. Pratique et perception paysanne dans la création de parc agroforestier dans le terroir de Vipalogo (Burkina Faso). *Biotechnol. Agron. Soc., Environ.*, 9(4), 141-148.
- Yélémou B, Yaméogo G, Barro A, Taonda SJ, Hien V, 2013. La production de sorgho dans un parc à *Piliostigma reticulatum* en zone nord-soudanienne du Burkina Faso. *Tropicultura*, 2013, 31, 3, 154-162.
- Zomboudré G, Zombré G, Ouédraogo M, Guinko S, Macauley HR., 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.* 2005 9 (1), 75–85.