



Effet de *Balanites aegyptiaca* sur le niveau de fertilité chimique d'un sol de terrasse du fleuve Niger

Idrissa Boubacar^{1,2} ; Soumana Idrissa ¹ ; Biba Yacouba ¹ et Ambouta Karimou J.M ²

1 : Centre Régional de la Recherche Agronomique de Niamey, Institut National de la Recherche Agronomique du Niger ;

2 : Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey

Email de l'auteur correspondant : idrissabm@yahoo.fr

Original submitted in on 22nd January 2019. Published online at www.m.elewa.org/journals/ on 31st May 2019
<https://dx.doi.org/10.4314/jab.v137i1.2>

RESUME

Contexte et Objectifs : Au Sahel, les parcs agroforestiers jouent un rôle important dans la vie socioéconomique des populations rurales à travers les nombreux services et biens qu'ils leur offrent. Parmi ceux-ci figurent les parcs à *Balanites aegyptiaca* qui sont très présents dans de nombreux terroirs. L'objectif assigné à cette étude est d'évaluer l'effet de *Balanites aegyptiaca* sur les paramètres physico-chimiques du sol à travers des échantillons de sols collectés sous et en dehors du houppier de *Balanites aegyptiaca*.

Méthodologie et résultats : Afin d'évaluer sa contribution sur le niveau de fertilité chimique du sol, des échantillons composites ont été prélevés sous dix pieds adultes de l'espèce aléatoirement. Ceux-ci ont été prélevés dans quatre auréoles concentriques autour du tronc de chaque pied, dont les trois premières sont sous houppier et la quatrième en sol découvert. Ils ont fait l'objet d'analyses au laboratoire pour la détermination de la granulométrie, du pH, du carbone, de l'azote, des bases échangeables et du phosphore assimilable.

Conclusion et application des résultats : Les résultats en azote, bases échangeables, en phosphore assimilable ne sont pas statistiquement différents dans les différentes zones mais ceux enregistrés dans la zone couverte par le houppier sont plus élevés qu'en sol nu. Seul le niveau en potassium est très significativement différent dans les zones et les profondeurs avec $p=0,0055$. Les moyennes comparées pour une même profondeur, entre les zones sont également statistiquement différentes, $p=0,029$. La teneur en matière organique est sensiblement plus élevée dans la zone hors houppier que sous couronne. Des analyses, on distingue deux types de sols : ceux sous houppier (Z1, Z2 et Z3) caractérisés de niveaux plus élevés en magnésium, sodium, potassium, phosphore assimilable et azote ; et hors houppiers (Z4) qui se singularise par un pH moyennement acide, une teneur faible en phosphore assimilable et en matière organique. Ces résultats constituent une base scientifique pour l'aménagement et la gestion de ces parcs.

Mots clés : *Balanites aegyptiaca*, parc agroforestier, fertilité, sol.

ABSTRACT

Context and Objectives: In the Sahel, agroforestry parks play an important role in the socio-economic life of rural populations through the many services and goods they offer them. Among these are the parks at *Balanites aegyptiaca* which are very present in many soils. The objective of this study is to evaluate the effect of *Balanites aegyptiaca* on soil physico-chemical parameters through soil samples collected under and outside the *Balanites aegyptiaca* crown.

Methodology and results: In order to evaluate its contribution to soil chemical fertility, composite samples were taken from ten adult stands of the species at random. These were collected in four concentric rings around the trunk of each foot, the first three of which are under crown and the fourth in open soil. They have been analyzed in the laboratory for the determination of grain size, pH, carbon, nitrogen, exchangeable bases and assimilable phosphorus.

Conclusion and application of results: The results in nitrogen, exchangeable bases, in assimilable phosphorus are not statistically different in the different zones but those recorded in the area covered by the crown are higher than in bare soil. Only the potassium level is very significantly different in areas and depths with $p = 0.0055$. The averages compared for the same depth between the zones are also statistically different, $p = 0.029$. The organic matter content is significantly higher in the crown and crown zone. Analyzes, one distinguishes two types of soils: those under crown (Z1, Z2 and Z3) characterized of higher levels in magnesium, sodium, potassium, assimilable phosphorus and nitrogen; and excluding crowns (Z4) distinguished by a moderately acidic pH, a low content of assimilable phosphorus and organic matter. These results provide a scientific basis for the development and management of these parks.

Keywords: *Balanites aegyptiaca*, Agroforestry Park, fertility, soil.

INTRODUCTION

Environ 80 % des terres agricoles au niveau mondial sont affectées par un degré d'érosion modéré ou sévère, (Pimentel et al., 1995). L'érosion éolienne constitue un des problèmes environnementaux les plus sévères dans les régions arides, semi-arides et les régions sèches de la planète, provoquant la baisse des nutriments à travers le transport des particules les plus fines et la matière organique (Cissokho, 2012). Au Sahel, la baisse de la fertilité des sols agricoles consécutive à l'érosion et aux pratiques agricoles inappropriées est une problématique sérieuse menaçant la sécurité alimentaire dans plusieurs pays (Nabhan., 2003; Cissokho., 2012). Sources souvent de salinisation, d'engorgement, d'inondation, d'eutrophisation. Les modes de production agricoles actuels sont remis en question, non seulement parce qu'ils favorisent la dégradation physique et chimique des sols, du couvert végétal et de la biodiversité mais aussi parce qu'ils induisent des rendements médiocres. Au Niger, par exemple où l'agriculture est encore majoritairement traditionnelle, avec recours limité aux intrants et une faible restitution des éléments

minéraux aux sols, la dégradation des sols est une préoccupation majeure. Dans la plus part des sols cultivés, il y a une disparition de l'horizon organique (O), une réduction substantielle de l'épaisseur de l'horizon superficiel A, un amendement organique rare et une réutilisation faible des résidus des cultures du fait de leur ramassage pour alimenter les ruminants domestiques (León and Osorio, 2014). La matière organique est nécessaire pour l'activité des biotes du sol, un faible apport organique au sol induit une rupture du cycle biogéochimique des nutriments en particulier ceux du carbone et de l'azote, avec comme conséquence une dégradation rapide des sols et une forte dépendance en engrais inorganique. D'autres parts, différentes méthodes sont utilisées pour améliorer la qualité des sols agricoles, parmi lesquelles on peut citer la mise en jachère, l'agroforesterie, l'apport de la fumure organique. Ces actions améliorent divers services écosystémiques plus particulièrement la fourniture de la litière, la minéralisation de la matière organique, l'infiltration de l'eau, le contrôle de l'érosion et la conservation de la biodiversité. Ces

services essentiels pour un meilleur rendement agricole sont dus en grande partie à l'importance des racines enfouies dans le sol, la stabilité et la protection des sols contre l'érosion et le recyclage régulier des nutriments provenant de la décomposition de la matière organique par les biotes du sol. En Afrique de l'ouest et particulièrement au Niger, le système de production le plus répandu est le système parc agro-forestier dans lequel les ligneux pérennes sont associés aux cultures sur une même parcelle dans la perspective d'effets bénéfiques réciproques (Idrissa et al., 2018). Ce système considéré comme durable et stable, semble apporter une partie de la réponse aux maux de l'agriculture moderne en diminuant la dépendance des agroécosystèmes aux apports externes. En effet, l'agroforesterie est souvent suggérée comme pouvant augmenter les réserves de nutriments du sol, améliorer sa structure et réduire l'érosion, (Pimentel et al., 1995 Sanchez., 1995). Dans de nombreux travaux scientifiques, plusieurs auteurs ont signalé l'importance de l'arbre dans l'amélioration de la fertilité des sols et l'augmentation de la production des cultures. Parmi ces auteurs, on peut citer entre autres: Maiga (1987), Nyberg and Hogberg (1995), Johnson et al.(1991), Boffa (1995), Zomboudré et al. (2005), Akinnifesi et al. (2010). C'est aussi le cas des études comparatives de la fertilité des sols et des rendements des cultures obtenus sous arbres et sol découvert focalisées sur les espèces

comme *Faidherbia albida*, *Prosopis juliflora*, *Azadirachta indica*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Vitalleria paradoxa*, *Hyphaene thebaica*, *Cordyla pinnata*.), qui ont montré leur nette amélioration sous arbre par rapport au sol découvert. D'autres par contre ont montré des rendements tantôt meilleurs dans la zone d'influence de l'arbre (couronne) tantôt réduit (Kessler, 1992) ou simplement indifférents (Bayala, 2002 ; Bazié et al., 2012). *Balanites aegyptiaca* est l'une des espèces les plus répandues au Niger (Ounténi, 1993). Sa présence est très remarquable sur les sols des terrasses du fleuve Niger où elle se trouve en association avec d'autres espèces comme *Acacia raddiana*. *Balanites aegyptiaca* constitue une des espèces les plus associées aux cultures tout comme *Faidherbia albida* considéré comme une espèce constamment associée aux systèmes agraires en Afrique Occidentale (Bonkougou, 1987; Ouedraogo et Alexandre, 1996). Malgré cette présence remarquable de *Balanites* dans de nombreux terroirs nigériens, rares sont les études qui se sont intéressées aux interactions de cette espèce avec les cultures. La présente étude vise à contribuer à la compréhension de l'importance des espèces agroforestières dans la production agricole. Spécifiquement, il s'agit d'évaluer l'effet de *Balanites aegyptiaca* sur les paramètres physico-chimiques du sol à travers des échantillons de sols collectés sous et en dehors de houppiers de *Balanites aegyptiaca*.

MATERIELS ET METHODES

Description de la zone d'étude : L'étude a été conduite à Sansané Haoussa à 70 km au nord-ouest de Niamey et à 43 km au sud-est de Tillabéry sur la route nationale N^o1. Les coordonnées sont : 13° 51'00'' de latitude nord et 1° 36'45'' de longitude est. (Figure 1). Le site d'études est parc agroforestier à *Balanites aegyptiaca*. Le climat est de type sahélien, chaud et

relativement humide avec une moyenne de 471,85 mm de précipitation annuelle en 31 jours (2003 à 2018, DDA Gothèye). Celle-ci est irrégulièrement répartie dans l'espace et dans le temps. Les caractéristiques des profils décrits sur le site correspondent à des sols ferrugineux peu lessivés.

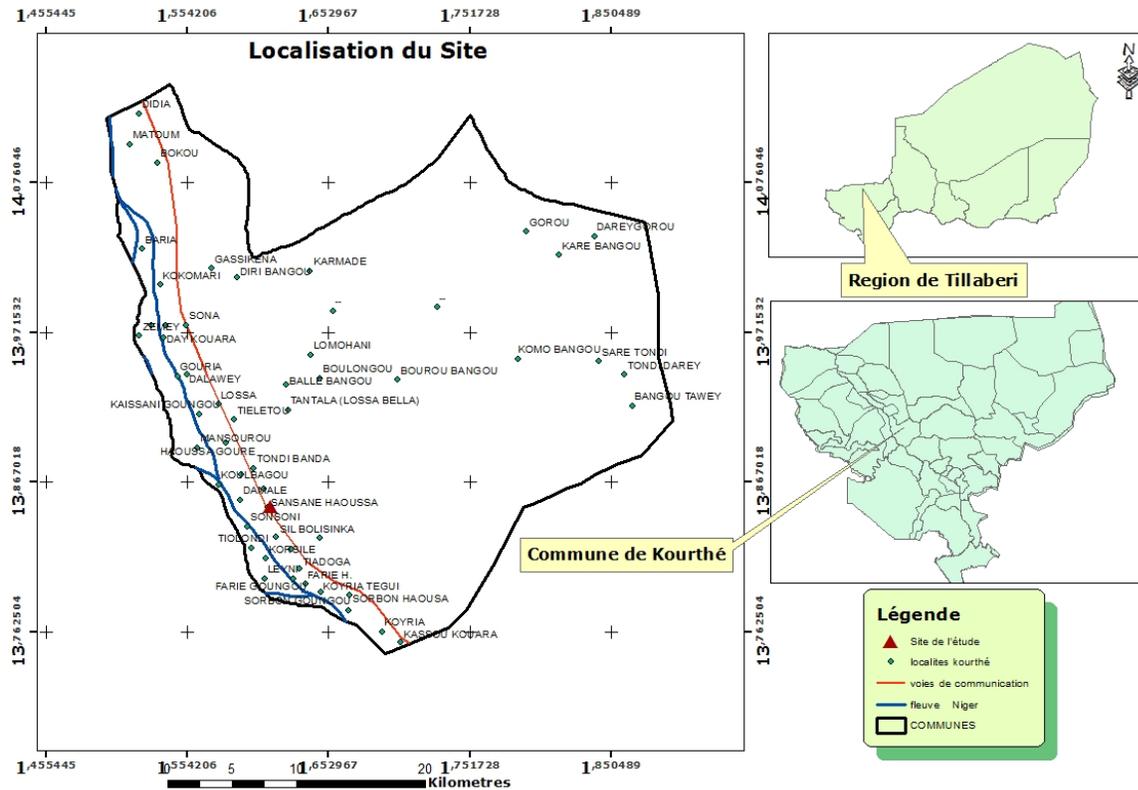


Figure 1 : Localisation du site de l'étude

Méthode de collecte et d'analyse des échantillons de sols : Les données du sol ont été prélevées sous et hors houppier de dix arbres adultes sains, non mutilés (pas de trace d'émondage, de coupes) aléatoirement dans des champs de quatre producteurs de Sansané Haoussa. Les prélèvements de sol ont été effectués aux profondeurs de 0 à 20 cm et 20 à 40 cm avec une tarière dans les quatre directions cardinales à partir du tronc vers l'extérieur comme suit :

- Zone 1 (Z1) au centre du premier tiers (1/3) du rayon du houppier ou niveau de l'auréole centrale soit environ 1 m;
- Zone 2 (Z2) au centre du deuxième tiers ou deuxième auréole (à peu près 3 m du tronc ;
- Zone 3 (Z3) au centre du troisième tiers ou troisième auréole (à peu près 5 m du tronc)
- et Zone 4 (Z4) au centre du quatrième tiers (hors houppier) ou auréole externe (à peu près 10 m du tronc), au-delà du houppier (Figure 2).

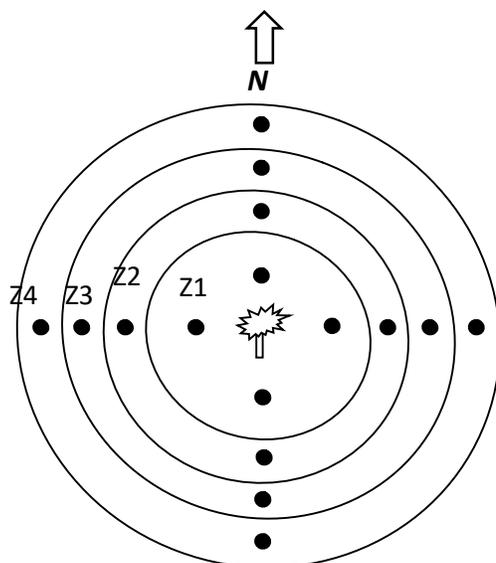


Figure 2 : Disposition des points de prélèvement d'échantillons de sol autour d'un arbre

Tableau 1 : Caractéristiques dendrométriques des pieds de *Balanites aegyptiaca* sous lesquels les échantillons ont été collectés et leur position géographique

Arbres	Coordonnées géographiques		Diamètre houppier (m)	Hauteur (m)	Diamètre tronc (m)
	Latitude nord	Longitude est			
B1	13° 50' 59,82"	1° 36' 45,42"	10,4	9	1,6
B2	13° 51' 03,48"	1° 36' 45,72"	10,2	6	1,3
B3	13° 51' 02,88"	1° 36' 45,84"	9,2	7	1,4
B4	13° 50' 06,18"	1° 37' 46,26"	8,2	6	1,2
B5	13° 50' 07,86"	1° 37' 45,48"	8,5	6	1,25
B6	13° 50' 41,30"	1° 36' 51,20"	12,3	12	2,14
B7	13° 50' 40,10"	1° 36' 51,70"	10,2	12	2,25
B8	13° 50' 39,00"	1° 36' 54,20"	9,5	10	2
B9	13° 50' 58,92"	1° 36' 59,04"	8,6	6	1,65
B10	13° 50' 59,88"	1° 36' 57,84"	7,5	5	0,95
Moyenne			9,46±1,383	7,9±±	1,574±0,435

Pour chaque arbre, les échantillons de sol prélevés à chaque point dans chaque direction et à chaque profondeur sont mélangés pour constituer des échantillons composites, soit un total de 8 échantillons composites par arbre. Ces échantillons composites des sols ont été analysés au Laboratoire de Sol-Eau-Plante et Engrais de l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger en vue de la détermination de la granulométrie, du pH, du carbone organique, de la matière organique, de l'azote, du phosphore assimilable, et des bases échangeables. La granulométrie a été effectuée par la méthode Bouyoucos (1962). Le taux de carbone a été déterminé par la méthode de Walkley and Black (1934) ; La teneur

en matière organique est obtenue en multipliant le résultat du carbone organique par 1,724. Le pH eau par la lecture à l'aide d'un pH-mètre dans une solution de sol et eau distillée (aux proportions 1/2,5). Les bases échangeables par saturation au moyen de l'acétate d'ammonium 1M (pH7) pour lessiver le sol. Le sodium et le potassium sont déterminés par lecture au spectrophotomètre. La lecture du calcium et du magnésium est faite par spectrophotomètre à absorption atomique. L'azote total a été obtenu par la méthode Kjeldahl (1959). Le phosphore assimilable a été déterminé par la méthode Bray 1 (1945) in Sims et al. (2009).

Méthodes d'analyses des données : Les analyses statistiques ont été portées sur les paramètres pédologiques en particulier les teneurs en argile, en limon, sable, les taux de carbone, les teneurs en matière organique, les pH, les taux de bases échangeables, les teneurs en sodium, potassium, calcium, magnésium, azote total et de phosphore assimilable des profondeurs 0-20 et 20-40 cm et des différentes zones de prélèvement par rapport au tronc des arbres. Les teneurs ont été comparés entre les quatre zones de prélèvement de sols suivant une Analyse de Variance (ANOVA). Avant de lancer les

différentes ANOVA, le test de Kolmogorov-Smirnov a permis de vérifier la normalité des données des variables pédologiques. Toutes les variables testées ont montré une distribution normale avec un p-value > 0,5. Pour les variables ayant révélés des différences, le test d'ANOVA a été suivi du test de Fisher (LSD test). Sur la base des mêmes variables pédologiques, une typologie des sols sous parcs agroforestiers à *Balanites aegyptiaca* a été réalisée suivant une Analyse en Composantes Principales (ACP). Minitab 16 a été utilisé pour l'ANOVA et le test de Kolmogorov-Smirnov et le logiciel R pour l'ACP.

RESULTATS

Granulométrie : Le tableau 2 donne les taux d'éléments minéraux (argiles, limon, sables fins et sables grossiers) dans les échantillons de sol selon les zones et les profondeurs. Il ressort que les teneurs en argiles et limons sont faibles dans tous les échantillons et pour toutes les profondeurs considérées. La texture d'ensemble est grossière avec au moins 89% de sables et moins de 10 % d'argile. De la comparaison des moyennes des résultats d'analyses granulométriques entre les zones d'une même profondeur, il n'y a aucune différence statistique entre les teneurs en limons, sables fins et sables grossiers entre les différentes zones pour une même profondeur. Seul pour le taux d'argiles, il existe une différence hautement significative entre les deux profondeurs (p=0,0031). Aussi, (Tableau 3) une différence significative existe entre la couche 0-20cm de la zone 4 (hors houppier) et 20-40cm de la

zone 3 (sous houppier) avec une probabilité (p= 0,043) d'une part et très hautement significative entre la couche 0-20cm hors houppier et la profondeur 20-40 cm de la zone 1 sous houppier avec une probabilité p=0,005. Toutefois, les taux en argiles et de limons ont tendance à diminuer légèrement au fur et à mesure que l'on s'éloigne du tronc de *Balanites*. Le taux d'argile augmente légèrement avec la profondeur par zone alors que pour les limons celui-ci diminue. S'agissant des sables fins et grossiers, leurs teneurs augmentent pour toutes les profondeurs (0-20cm et 20-40 cm) en s'éloignant du tronc de l'arbre, avec une légère domination des sables fins et grossiers dans les 20 premiers centimètres par rapport à 20-40cm. Pour les sables grossiers, les plus fortes teneurs ont été enregistrées dans la première et la quatrième zone.

Tableau 2 : Résultats d'analyses de la granulométrie

Facteurs	Profondeurs (cm)	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Probabilité
Argile (%)	0 – 20	6,359 ±2,602	5,906 ±2,072	5,770 ±2,274	4,536 ±2,245	0,0031
	20 – 40	8,56 ±2,721	7,762 ±2,793	7,856 ±2,638	7,011 ±2,650	0,0031
Limon (%)	0 – 20	3,143 ±1,47	2,872 ±1,12	2,679 ±0,98	2,413 ±0,92	0,543
	20 – 40	2,680 ±1,37	2,951 ±1,23	2,873 ±1,76	1,837 ±1,33	0,299
Sable fin (%)	0 – 20	63,564 ±6,92	64,735 ±6,86	65,031 ±6,91	65,429 ±6,60	0,936
	20 – 40	63,738 ±5,44	64,517 ±6,14	64,201 ±6,00	64,370 ±5,57	0,991
Sable Grossier (%)	0 – 20	27,455 ±6,74	26,540 ±6,48	27,082 ±6,48	27,305 ±5,73	0,989
	20 – 40	25,756 ±4,12	25,437 ±5,69	25,552 ±5,40	27,035 ±5,27	0,892
Texture	0 - 20	Sable	Sable	Sable	Sable	
	20 - 40	Sable	Sable	Sable	Sable	

Caractéristiques chimiques : S'agissant des résultats des analyses chimiques consignés dans le tableau 3 ci-dessus, la comparaison des moyennes obtenues, ne montre aucune différence significative entre les niveaux des différentes zones et les profondeurs pour tous les facteurs considérés (pH, matière organique, carbone, somme des bases et bases échangeables), exception faite de la teneur en potassium. En comparant les teneurs de potassium des quatre zones au niveau de chacune des profondeurs avec le test de Fisher, on constate une différence significative entre les zones avec une probabilité $p=0,029$ et $0,043$ respectivement pour 0- 20 cm et 20 – 40 cm. Pour le pH, la tendance générale indique une légère diminution de l'acidité du sol, du tronc de l'arbre vers l'extérieur et son augmentation avec la profondeur. Il varie dans les 20 premiers centimètres de fortement acide dans la première zone à moyennement acide dans les autres. Entre 20 et 40 cm, la réaction du sol est fortement acide dans les zones 1, 3 et 4, et est moyennement acide dans la deuxième zone. Dans toutes les zones (sous et hors houppier) et toutes les profondeurs (0 – 20 cm et 20 – 40cm), la teneur du sol en matière organique est très faible avec moins de 0,5%. Les résultats consignés dans le tableau 3, indiquent une teneur plus élevée dans la zone hors houppier (0,307%), tandis que sous couvert de l'arbre, la première zone présente un taux meilleur à ceux de la zone 3 et de la zone 2 dans la couche 0 – 20cm. Le taux de matière organique diminue légèrement avec la profondeur dans toutes les zones. On a observé un pourcentage identique dans la première et la deuxième zone qui est inférieur à celui de la quatrième, lui-même inférieur au taux de la zone 3, où le niveau est resté le même dans les deux couches. Les sols ont une très faible teneur en azote aussi bien dans la zone couverte que celle non couverte par le houppier pour toutes les profondeurs considérées. Ces valeurs décroissent légèrement au fur et à mesure que l'on s'éloigne du tronc dans la profondeur 0 – 20 cm. Dans les deux premières zones proches du tronc de *Balanites* le niveau décroît avec la profondeur et inversement dans

les autres. Le sol sous couvert du houppier de *Balanites* (les deux zones 1, et 2) est moyennement riche en phosphore assimilable dans les 20 premiers centimètres, mais les autres zones 3 et 4 en sont pauvres avec moins de 7 ppm. S'agissant de la deuxième profondeur (20 – 40 cm), seule la première zone (proche du tronc) présente un niveau moyennement riche en cet élément, ailleurs, il reste faible dans le sol avec moins de 6 ppm. Les données par zone indiquent une baisse sensible du niveau en phosphore assimilable au fur et à mesure que l'on s'éloigne du tronc de *Balanites* et avec la profondeur. Dans toutes les profondeurs des zones sous houppier, les valeurs sont supérieures à celles de la zone non couverte et dans tous les cas, la première zone présente les niveaux les plus élevés. Avec une somme des bases variant de 3,2 à 4,5 méq/100g de terre, le sol présente une faible capacité d'échange cationique. La somme des bases augmente pour toutes les zones avec la profondeur mais dans les premiers centimètres, elle diminue progressivement avec l'éloignement du tronc de l'arbre. En ce qui concerne les bases échangeables (calcium, magnésium, sodium et potassium), leurs niveaux sont faibles dans le sol. Le niveau en calcium du sol diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du tronc de l'arbre dans les 20 premiers centimètres, mais inversement entre 20 et 40cm. Ce niveau augmente avec la profondeur pour toutes les zones, sauf dans la première. Le niveau du sodium décroît avec la distance par rapport au tronc et augmente avec la profondeur pour toutes les zones. Les teneurs en magnésium et en potassium diminuent au fur et à mesure que l'on s'éloigne du tronc de *Balanites aegyptiaca* ainsi qu'avec la profondeur. Le rapport C/N diminue dans toutes les zones et les profondeurs de la zone hors houppier vers le tronc. Entre 20 et 40 cm, celui-ci varie de très bas dans les deux premières auréoles (proches du tronc) à bas dans les autres, tandis que dans la première couche, il varie de bas dans la première et troisième zone à moyen dans la quatrième en passant par très bas en seconde zone.

Tableau 3 : Résultats d'analyses chimiques

Facteurs	Profondeurs (cm)	Zone 1	Zone2	Zone 3	Zone 4	Probabilité
pH	0 – 20	5,558 ±0,66	5,733 ±0,39	5,759 ±0,42	5,670 ±0,34	0,78
pH	20 – 40	5,453 ±0,56	5,622 ±0,64	5,546 ±0,57	5,565 ±0,42	0,923
S (méq/100g)	0 – 20	4,186 ±2,172	3,464 ±1,172	3,496 ±1,756	3,024 ±1,632	0,474
S (méq/100g)	20 – 40	4,474 ±1,78	4,478 ±1,776	4,037 ±1,712	4,108 ±2,379	0,93
Ca (méq/100g)	0 – 20	2,425 ±1,77	1,691 ±0,799	1,996 ±1,002	1,911 ±1,425	0,662
Ca (méq/100g)	20 – 40	2,073 ±1,003	2,308 ±1,434	2,108 ±0,943	2,507 ±1,962	0,925
Mg (méq/100g)	0 – 20	1,509 ±1,145	1,586 ±1,225	1,317 ±1,215	0,981 ±0,968	0,647
Mg (méq/100g)	20 – 40	1,969 ±1,459	1,798 ±1,119	1,560 ±1,226	1,313 ±1,122	0,663
Na (méq/100g)	0 – 20	0,138 ±0,028	0,143 ±0,032	0,117 ±0,020	0,122 ±0,045	0,246
Na (méq/100g)	20 – 40	0,153 ±0,049	0,137 ±0,019	0,142 ±0,029	0,127 ±0,031	0,388
K (méq/100g)	0 – 20	0,250 ±0,213	0,184 ±0,07	0,127 ±0,039	0,100 ±0,024	0,029
K (méq/100g)	20 – 40	0,172 ±0,085	0,148 ±0,056	0,112 ±0,040	0,102 ±0,045	0,043
P Ass (ppm)	0 – 20	14,758 ±17,98	8,203 ±7,148	6,905 ±5,40	6,025 ±6,457	0,256
P Ass (ppm)	20 – 40	9,995 ±10,91	5,216 ±4,407	5,371 ±5,482	4,954 ±5,314	0,33
Carbone (%)	0 – 20 cm	0,159 ±0,026	0,136 ±0,049	0,150 ±0,056	0,179 ±0,133	0,655
Carbone (%)	20 – 40 cm	0,132 ±0,046	0,132 ±0,033	0,151 ±0,085	0,143 ±0,086	0,902
MO (%)	0 – 20 cm	0,275 ±0,043	0,237 ±0,082	0,259 ±0,096	0,307 ±0,233	0,698
MO (%)	20 – 40 cm	0,227 ±0,079	0,228 ±0,059	0,258 ±0,144	0,246 ±0,150	0,915
Azote (%)	0 – 20 cm	0,019 ±0,0066	0,019 ±0,0061	0,016 ±0,005	0,015 ±0,003	0,263
Azote (%)	20 – 40 cm	0,018 ±0,0042	0,017 ±0,0045	0,023 ±0,0217	0,016 ±0,0051	0,522

Analyse des composantes principales (ACP) : Les deux composantes de la figure 2 expliquent 50,32% de la variabilité. La composante 1 révélant la plus grande valeur propre avec 26,19 % explique au mieux la distribution de l'information. Sur cette composante se répartissent dans la partie positive les zones Z1, Z2 et Z3 (sous houppier) et dans la partie négative la zone 4 (hors houppier) (Figure 2). Les zones Z1, Z2 et Z3 sont associées à des teneurs élevées en somme des bases échangeables (S), argiles, limons, Magnésium, Calcium et des faibles teneurs en Matière organique, Potassium, Phosphore assimilable, Carbone, Sables fins et sodium. Quant à la zone 4, elle est associée des teneurs élevées en Matière organique, Potassium, Phosphore assimilable, Carbone, Sables fins et sodium. Cet axe traduit un gradient de caractéristiques physico-chimiques entre le sol sous houppier et le sol hors houppier. Ainsi, deux types de sols de parcs à *Balanites aegyptiaca* se répartissent suivant l'axe 1, il s'agit du sol hors houppier et du sol sous houppier (Figure 3). Par rapport à l'axe 1, on note une

corrélation positive entre la somme des bases, le taux en argile, de limon, de calcium, de magnésium, de sable grossier et de l'azote, et négative pour le pH, sodium, sable fin, potassium, matière organique et le phosphore assimilable. La zone 3 (Z3) est proche de l'origine. Cette zone a une teneur moyenne des différents facteurs. Tous les éléments y sont donc moyennement présents. Il y a donc moins de variabilité des éléments dans cette zone. Dans la zone 1 (Z1) il y a une teneur élevée en Magnésium, en somme des bases échangeables, pH, sodium, Sables fins, Argiles associée à une faible teneur en potassium, Matière organique, Carbone et Sables grossiers. Dans la zone 2 une teneur élevée en Sables grossiers, Calcium, Phosphore assimilable est associée à une faible teneur en sable fin, sodium, et un faible pH. La zone4 (Z4) a une teneur élevée en Matière organique, Carbone et Potassium associée à une faible teneur en Magnésium, somme des bases, pH et sodium. Le facteur le plus influent pour la zone 4 est la teneur en matière organique, alors que pour la zone 2, ce sont la somme

des bases et le calcium sont les facteurs déterminants bases, (figure 2).
 et la zone 1, ce sont le magnésium et la somme des

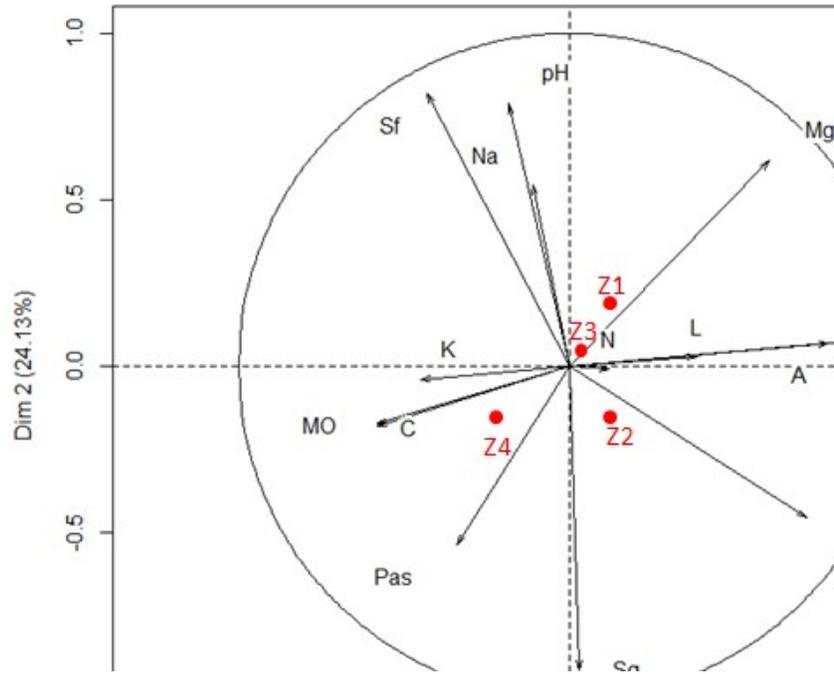


Figure 3 : Analyse des composantes principales des différents facteurs du sol et les zones (Z1= zone1 à 1 m du tronc, Z2=zone 2 à 3 m du tronc, Z3=zone3 à 5m du tronc et Z4= zone 4 à 10m du tronc)

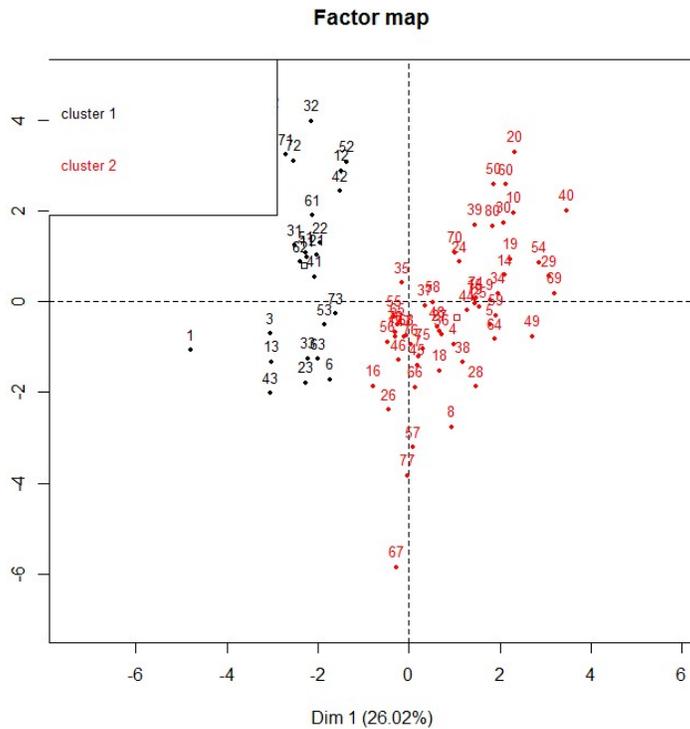


Figure 4: Ordination des relevés de sol sous houppier et hors houppier à des profondeurs 0-20 et 20-40 cm, les points noirs sont les relevés de sols hors houppier et les points rouges ceux de sols sous houppier

Corrélation entre les variables pédologiques : Des fortes corrélations positives ont été observées entre la somme des bases et l'argile (66,44), entre la somme des bases et le calcium (76,61%), entre la somme des bases échangeables et le magnésium (70,16%), et entre le pH et le niveau en sables fins (64,17%) et entre

la teneur en carbone et celle de matière organique (99,89%) (Tableau 4). De fortes corrélations négatives ont été observées aussi entre le pH et le sable grossier (-61, 23%), entre le calcium et le sable fin (-62,55%) et entre le sable grossier et le Magnésium (-55,11%).

Tableau 4 : corrélation entre les facteurs du sol

	A	L	Sf	Sg	pH	C	MO	N	P	Ca	Mg	Na	K	S
A	1													
L	0,1136	1												
Sf	-0,3192	-0,1648	1											
Sg	-0,1176	-0,0452	-0,8745	1										
pH	-0,2274	0,0698	0,6417	-0,6123	1									
C	-0,3474	-0,011	0,0561	0,0783	0,0118	1								
MO	-0,3446	-0,0122	0,0622	0,0695	0,017	0,9989	1							
N	-0,0464	0,15	-0,0562	0,082	-0,1102	-0,0898	-0,0889	1						
P	-0,2393	0,0387	-0,2031	0,3595	-0,3996	0,2082	0,2033	0,2337	1					
Ca	0,426	0,2935	-0,6255	0,4048	-0,3875	-0,1909	-0,1978	0,1179	-0,0513	1				
Mg	0,5689	0,3725	0,2036	-0,5511	0,3666	-0,2271	-0,2173	-0,0831	-0,4424	0,0832	1			
Na	0,0383	-0,0305	0,3641	-0,396	0,3577	-0,0555	-0,0562	-0,1104	-0,1642	-0,2763	0,2072	1		
K	-0,3122	-0,078	0,0999	0,0508	0,0635	0,135	0,1435	-0,0096	0,2401	-0,2325	-0,2778	0,2019	1	
S	0,6644	0,4516	-0,3106	-0,0689	-0,0316	-0,2807	-0,2789	0,0304	-0,3154	0,7661	0,7017	-0,0376	-0,2926	1

DISCUSSION

La texture du sol dans les horizons des différentes zones autour de *Balanites aegyptiaca* est sableuse d'ensemble avec des résultats en argiles et limons supérieurs à ceux des sols du parc agroforestier à *Acacia senegal* de Dakoro rapporté par Djibo et al.(2016). Dans la couche supérieure, les taux en argiles et en limons ont tendance à diminuer légèrement au fur et à mesure que l'on s'éloigne du tronc de *Balanites*, et inversement pour les sables. Ceci pourrait provenir de la déflation par le vent qui expédie les éléments grossiers vers l'extérieur de la zone couverte par le houppier d'une part et le dépôt des éléments par la faveur du tourbillonnement des vents au contact du houppier mais aussi des

pluiolessivats provenant des feuilles, d'autre part. D'une manière générale, les résultats du pH obtenus indiquent que l'acidité du sol augmente avec la proximité du tronc de l'arbre. Les sols du parcs à *Balanites aegyptiaca* de Sansané Haussa sont plus acides que ceux obtenus dans les parcs à *Acacia senegal* par Djibo et al. (2016), par Jerome et al., (2016) en sols sous chute de litière au Congo et de ceux des sols sous *Piliostigma reticulatum* rapportés par Saidou et al. (2012). Matzner et al. (1983). Metzner et Ulrich (1983) ont attribué cette acidité à la minéralisation des litières et au prélèvement des cations par les racines des pessières. Le même cas pourrait se présenter dans le parc à *Balanites*

aegyptiaca de Sansané Haoussa. Aussi, on peut noter la géologie de la zone qui est dominée par les roches granitiques riches en silice sur lesquelles se développent les sols. Des résultats de matière organique dans le sol, il ressort de faibles niveaux mais un accroissement sensible de ce taux avec l'éloignement du tronc de l'arbre et une diminution de celui-ci avec la profondeur. Nos résultats sont contraires à ceux relevés par Saidou et al. (2012) sous *Piliostigma reticulatum* où les valeurs les plus élevées sont sous couronne. Ces faibles taux pourraient provenir de l'effet du vent qui balaie la zone sous houppier et dépose les débris (feuilles, fleurs) vers la surface non couverte. Le niveau du sol en azote sous *Balanites a.* est faible, ce qui pourrait s'expliquer par son utilisation liée à l'activité des microorganismes et des plantes, à l'humidité du sol, et la chaleur qui favorise sa volatilisation dans l'air sous forme d'ammoniac. La teneur en azote dans les différentes couches du sol varie très peu avec la profondeur et reste inférieure à celle obtenue sous *Piliostigma* par Saidou et al. (2012). Ils ont lié celle-ci à la richesse de la litière en azote, les feuilles de cette espèce ayant une teneur en azote total voisine de celle des feuilles d'arachide. S'agissant du niveau du sol en phosphore assimilable, les résultats hors et sous houppier ne sont pas statistiquement différents mais on observe une hausse sensible de son niveau sous la canopée de *Balanites* par rapport à la zone découverte. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus par Mai Moussa (1996) et Mahamane (2006) sous *Faidherbia albida*; de Moussa (1997) et Dan Lamso et al. (2015) sous *Hyphaene thebaica*. Ils sont supérieurs à ceux obtenus par Djibo et al. (2016) sous *Acacia senegal*, et contraires à ceux rapportés par (Bayala 2002; Bayala et al. 2005) sous Karité où les niveaux sont plus faibles sous houppier qu'en dehors. Selon ces auteurs ces faibles niveaux en phosphore sous Karité s'expliquent par sa faible disponibilité et sa forte demande. Les teneurs élevées, observées sous *Balanites* pourraient provenir des pluviollessivats provenant des poussières

CONCLUSION

Balanites aegyptiaca joue un rôle important dans le maintien de la fertilité chimique du sol dans le terroir de Sansané Haoussa, même si les résultats d'analyse obtenus ne sont pas significativement différents aussi bien pour les différentes zones que pour la profondeur. En effet les teneurs élevées des différents éléments ont été enregistrées dans la zone couverte par le houppier. Les teneurs en bases échangeables (magnésium,

accrochées aux feuilles qui tombent au sol par égouttement lors des pluies. Le niveau en calcium du sol est faible et diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du tronc de l'arbre dans les 20 premiers centimètres, tandis qu'en profondeur, il évolue inversement. Mis à part la première zone, les niveaux en cet élément obtenus dans la couche de 20 - 40 cm sont supérieurs à ceux de l'horizon de surface. Ceci pourrait provenir des pertes par drainage et l'érosion mais aussi par les prélèvements par l'arbre lui-même. Quant au magnésium, et au sodium, les niveaux croissent avec la profondeur, et diminuent sensiblement avec l'augmentation de la distance par rapport au tronc de l'arbre dans les deux horizons. S'agissant du potassium son niveau décroît avec la profondeur et l'augmentation de la distance au tronc dans les zones sous houppier. Dans la zone découverte, le niveau reste semblable pour les deux profondeurs. Cette situation s'expliquerait par les apports de la pluie (égouttement) en ces éléments sous couvert forestier qui sont toujours supérieurs à ceux de la pluie incidente pour Forgeard et al. (1980). La somme des bases reste faible dans tous les compartiments et dans toutes les profondeurs sans aucune différence significative. Ces faibles niveaux de la somme des bases pourraient être liés d'une part à la forte acidité du sol et d'autre part, aux faibles teneurs en argiles et matière organique qui constituent les principaux éléments minéraux qui adsorbent les bases. Le rapport C/N reste bas dans le sol quel que soit la zone et la profondeur, ce qui pourrait s'expliquer par la présence dans le milieu de tissu organique facilement dégradable par la microfaune et la microflore. Selon Augusto et Ranger (2001) et Jolivet et al. (2007), de faibles pH et rapports C/N favoriseraient l'activité biologique des sols. Les faibles rapports C/N obtenus dans les échantillons de sol, indiquent une vitesse de minéralisation élevée de la matière organique dans le milieu. Ces rapports bas, obtenus pourraient également prétendre, la présence d'un milieu plus riche en azote qu'en carbone.

sodium et potassium) ainsi que le niveau du phosphore assimilable, de l'azote et la somme des bases évoluent suivant un gradient décroissant avec l'augmentation de la distance au tronc de *Balanites aegyptiaca* mais inversement pour le pH, le rapport C/N et la matière organique. Ceci met en évidence une amélioration du niveau de fertilité chimique du sol sous houppier de *Balanites aegyptiaca* par rapport au sol découvert. Pour

le niveau de matière organique et du phosphore assimilable, on constate une évolution avec un gradient décroissant avec la profondeur du sol, alors que celle-ci est contraire pour la somme des bases. Ces résultats indiquent une légère amélioration du niveau de fertilité

chimique du sol sous *Balanites aegyptiaca* par rapport au sol découvert. *Balanites aegyptiaca* tout comme les autres ligneux au Sahel, participe au maintien de la fertilité et à la fixation des sols en luttant contre l'érosion hydrique et éolienne.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Akinnifesi, F. K., O. Ajayi, G. Sileshi, P. W. Chirwa, and J. Chianu. 2010. Fertiliser trees for sustainable food security in the maize-based production systems of East and Southern Africa. A review. *Agronomy for sustainable development* 30:615-629.
- Augusto, L., and J. Ranger. 2001. Impact of tree species on soil solutions in acidic conditions. *Annals of Forest Science* 58:47-58.
- Bayala, J. 2002. Tree crown pruning as a management tool to enhance the productivity of parklands in West Africa. University of Wales, Bangor.
- Bayala, J., A. Mando, Z. Teklehaimanot, and S. Ouedraogo. 2005. Nutrient release from decomposing leaf mulches of karité (*Vitellaria paradoxa*) and néré (*Parkia biglobosa*) under semi-arid conditions in Burkina Faso, West Africa. *Soil biology and biochemistry* 37:533-539.
- Bazié, H., J. Bayala, G. Zombré, J. Sanou, and U. Ilstedt. 2012. Separating competition-related factors limiting crop performance in an agroforestry parkland system in Burkina Faso. *Agroforestry Systems* 84:377-388.
- Boffa, J.-M. J. 1995. Productivity and management of agroforestry parklands in the Sudan zone of Burkina Faso, West Africa.
- Bonkougou, E. 1987. Monographie du Néré, *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth: espece a usages multiples. IRBET, Ouagadougou, Burkina Faso 5.
- Cissokho, R. 2012. Développement d'un indice de vulnérabilité à l'érosion éolienne à partir d'images satellitaires, dans le Bassin arachidier du Sénégal: cas de la région de Thiès.
- Dan Lamso, N., Y. Guero, A. T. Dan-Badjo, R. Lamar, B. A. Bationo, P. Djamen, A. D. Tidjani, N. A. Maman, and A. J. M. Karimou. 2015. Effet des touffes de *Hyphaene thebaica* (Mart) sur la production du mil dans la région de Maradi (Niger). *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 9:2477-2487.
- Djibo, E. S., L. Sitou, Y. A. Assoumane, A. M. Zoubeirou, and D. Moussa. 2016. Association de cultures Acacia senegal-céréales: outil de résilience aux changements climatiques au Niger. *Int. J. Pure App. Biosci* 4:296-309.
- Forgeard, F., J. Gloaguen, and J. Touffet. 1980. Interception des précipitations et apport au sol d'éléments minéraux par les eaux de pluie et les pluviollessivats dans une hêtraie atlantique et dans quelques peuplements résineux en Bretagne. *Annales des Sciences forestières* 37:53-71.
- Jérôme, E., M. J. Pierre, M. J. Pierre, and P. Quentin. 2016. Chute des litières et fertilité des sols sous plantations forestières dans le bassin du Congo: cas de la station INERA/Yangambi en RDC. *Journal of Animal & Plant Sciences* 31:4843-4861.
- Johnson, C. E., A. H. Johnson, T. G. Huntington, and T. G. Siccama. 1991. Whole-tree clear-cutting effects on soil horizons and organic-matter pools. *Soil Science Society of America Journal* 55:497-502.
- Jolivet, C., L. Augusto, P. Trichet, and D. Arrouays. 2007. Les sols du massif forestier des Landes de Gascogne: formation, histoire, propriétés et variabilité spatiale.
- Kessler, J. 1992. The influence of karité (*Vitellaria paradoxa*) and néré (*Parkia biglobosa*) trees on sorghum production in Burkina Faso. *Agroforestry Systems* 17:97-118.
- Mahamane, A. 2006. Etudes floristique, phytosociologique et phytogéographique de la végétation du Parc Régional du W du Niger. *Acta Botanica Gallica* 153:265-269.
- Mai Moussa, K. 1996. Environnement de *Faidherbia albida* Del; caractérisation, exploitation et perceptive d'optimisation dans les zones soudano-sahélienne de l'Afrique de l'Ouest. Thèse de 3e cycle, université de Cocody, Côte d'Ivoire, 137p.
- Maiga, A. 1987. L'arbre dans les systemes agroforestiers traditionnels dans la province du Bazega. Influence du karite, du nere et de l'Acacia albida sur le sorgho et le mil.

- Matzner, E., P. Khanna, K. Meiwes, and B. Ulrich. 1983. Effects of fertilization on the fluxes of chemical elements through different forest ecosystems. *Plant and Soil* 74:343-358.
- Moussa, H. 1997. Germination du palmier doum (*Hyphaene thebaica* Mart.) et analyse de son interaction avec le mil (*Pennisetum glaucum* L.) en zone semi aride du Niger Thèse de Université de Laval Québec Canada. Université de Laval Québec Canada.
- Nabhan, H. 2003. Gestion de la fertilité des sols pour la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne. Food & Agriculture Org.
- Nyberg, G., and P. Högborg. 1995. Effects of young agroforestry trees on soils in on-farm situations in western Kenya. *Agroforestry Systems* 32:45-52.
- OUEDRAOGO, S. J., and D. Alexandre. 1996. Dynamique des parcs à *Faidherbia albida*. Contraintes écologiques et économiques sur le terroir de Watinoma au Burkina Faso. In *Les parcs à Faidherbia*, Cah. se. du CIRAD-Forêt 12:191-202.
- Ounteni, A. I. 1993. Les parcs agroforestiers au Niger. Etat de connaissances et perspectives de recherches. Rapport.
- Pimentel, D., C. Harvey, P. Resosudarmo, K. Sinclair, D. Kurz, M. McNair, S. Crist, L. Shpritz, L. Fitton, and R. Saffouri. 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science* 267:1117-1123.
- Saidou, A., I. Balogoun, B. Kone, C. Gnangle, and N. Aho. 2012. Effet d'un système agroforestier à karité (*Vitellaria paradoxa* cf gaertn) sur le sol et le potentiel de production du maïs (*Zea mays*) en zone Soudanienne du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 6:2066-2082.
- Sanchez, P. A. 1995. Science in agroforestry. *Agroforestry Systems* 30:5-55.
- Zomboudré, G., G. Zombré, M. Ouedraogo, S. Guinko, and H. Roy-Macauley. 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. *Biotechnologie, agronomie, société et environnement* 9:75-85.