



Effet de l'arbre *Acacia senegal* sur la fertilité des sols de gomméraires au Niger

Maman Manssour ABDOU^{1,2}, Zoubeirou ALZOUMA MAYAKI^{2*}, Aboubacar KADRI³,
Jean-Marie Karimou AMBOUTA¹ et Nomao DAN LAMSO¹

¹ Département Sciences du Sol, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni,
BP : 10960 Niamey ; Niger.

² Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni,
BP : 10662 Niamey ; Niger.

³ Département de Productions Végétales, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni,
BP : 10960 Niamey ; Niger.

* Auteur correspondant ; E-mail: alzoumazoub@yahoo.fr

RESUME

Six gomméraires des trois bassins gommiers du Niger ont été étudiées : Kiki et Kokoiyé dans le bassin gommier occidental, Bader Goula et Azzaï dans le bassin gommier central et Malam Mainari et N'Guel Kolo dans le bassin gommier oriental. L'objectif de l'étude est d'évaluer l'effet d'*Acacia senegal* sur la fertilité des sols sous et hors houppiers dans ces gomméraires. Les résultats obtenus à travers les paramètres retenus (le pH, le carbone organique (C), l'azote (N), la capacité d'échange cationique (CEC), le phosphore assimilable (P) et la somme des bases échangeables (S) pour appréhender cet effet d'*A. senegal* sur le sol montrent une amélioration de la teneur en ces éléments dans le sol sous houppier comparativement aux témoins dans la plupart des cas.

© 2013 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : *Acacia senegal*, fertilité, sol, gomméraire, Niger.

INTRODUCTION

Dans les régions arides et semi-arides de l'Afrique, la dégradation des terres du fait de l'agriculture extensive, du déboisement intensif, du surpâturage et de l'épuisement de la fertilité du sol sont considérés comme les principales menaces pour la conservation des ressources naturelles et de la sécurité alimentaire (Garrity et al., 2010). Approximativement 55% de la surface de la terre de l'Afrique est aride et semi-aride, caractérisé par des précipitations annuelles variant entre 100 et 600 millimètres se produisant sur une courte saison de 2-4 mois (Wickens et al., 1995). Dans ces terres arides

et semi arides, *A. senegal* jusque-là insuffisamment utilisée a été identifiée comme l'espèce d'arbre ayant un grand potentiel d'augmenter et de diversifier la production agricole et aussi de stabiliser et de reconstituer les agro-écosystèmes dégradés et vulnérables (Sprent et al., 2010). Le choix de cette espèce est dû au fait qu'elle est largement distribuée dans les régions arides et semi-arides de l'Afrique et du Moyen-Orient (Von Maydell et al., 1983). C'est une espèce d'importance majeure dans la zone sahélienne car elle s'adapte parfaitement à de basses précipitations et températures (Wickens et al., 1995) et sa distribution éco-géographique est

telle qu'on la rencontre du Sénégal à l'extrême Ouest de l'Afrique jusqu'à la pointe Est du continent (Hussein, 1990). *A. senegal* présente aussi des nombreux intérêts comme : la production de gomme arabique ; la fourniture du fourrage, du bois de feu et de service; des remèdes traditionnels mais également par son excellente adaptation aux conditions arides qui en fait l'une des espèces les plus utilisées dans les programmes de reboisement en zones sèches (Soloviev et al., 2009). En effet, l'espèce *A. senegal* appartient à la famille de légumineuse, donc capable de former une association symbiotique avec des bactéries de sol, rhizobiums pour induire la formation des nodules où l'azote atmosphérique est fixé (Dommergues et al., 1999). Plusieurs auteurs ont montré une diversité génétique élevée de rhizobiums associée à *A. senegal* (Nock et al., 1999 ; Sarr et al., 2005 ; Fall et al., 2008). Ce qui permet une amélioration des terres dégradées et des sols carencés en éléments nutritifs (Isaac et al., 2011). De ce fait, cette espèce peut être un moyen pour l'amélioration des sols dégradés surtout ceux ayant un faible niveau de fertilité dans la mesure où *A. senegal* est particulièrement utilisé dans les jachères pour reconstituer la fertilité du sol (Deans et al., 1999 ; Raddad et Luukkanen, 2006). Faye et al. (2007) ont montré des effets positifs de l'arbre *A. senegal* sur la fertilité des sols grâce à la symbiose avec les bactéries fixatrices d'azote appelées Rhizobiums.

La présente étude a donc pour objectif d'évaluer l'impact de l'arbre *A. senegal* sur la fertilité des sols dans trois bassins gommiers du Niger (bassins occidental, central et oriental).

MATERIEL ET METHODES

Localisation et description des sites

Notre étude a été réalisée dans différents bassins gommiers du Niger (Figure 1). Dans le bassin occidental, elle a été menée dans les gommériaies de Kiki et de Kokoiyé, dans celles de Bader Goula et Azzai du bassin central et enfin celles de Malam Mainari et N'guel Kolo dans le bassin oriental. Les données climatiques des différentes

gommériaies sont présentées dans le Tableau 1.

Prélèvement des échantillons de sol

Dans chaque gommériaie, une dizaine d'arbres a été choisie au hasard sous lesquels les prélèvements de sols ont été effectués. Les méthodes d'échantillonnage de sols sont les suivantes :

- prélèvements de sols sous le houppier d'*A. senegal*;
- prélèvements des sols hors du houppier d'*A. senegal* (sols nus) servant de témoins pour l'étude.

Ces prélèvements ont été faits à la profondeur 0-25 cm. Sous chaque arbre, les échantillons ont été prélevés selon quatre directions opposées à partir du tronc de l'arbre, au moyen d'une tarière. Ensuite un échantillon composite de sol est constitué en mélangeant les échantillons obtenus dans les quatre directions de chaque arbre, puis un autre échantillon composite en mélangeant tous les échantillons de chaque gommériaie.

Méthodes d'analyses des échantillons de sols

Les échantillons de sols collectés sur le terrain ont été analysés au laboratoire suivant les méthodes standard (Mathieu et Pieltain, 2003). Les paramètres retenus pour déterminer l'effet de *A. senegal* sur la fertilité des sols sont : le pH par dosage des ions hydrogènes ; la capacité d'échange cationique (CEC) et la somme des bases échangeables S ($S = Ca^{++} + Mg^{++} + Na^+ + K^+$) par la méthode argent thio urée ; l'azote total par la méthode de Kjeldahl ; le carbone organique par la méthode Walkley et Black ; le phosphore assimilable (P) par la méthode Bray1 (Mathieu et Pieltain, 2003). Ces différents paramètres sont discutés par rapport aux témoins prélevés hors houppier d'*A. senegal*.

Analyse statistique

Les données collectées ont été traitées au logiciel Minitab 14 et les moyennes des variables ont été comparées en utilisant le test de Newman Keuls au seuil de probabilité $p=5\%$ dans le cas où il y a un effet significatif ($p<5\%$).

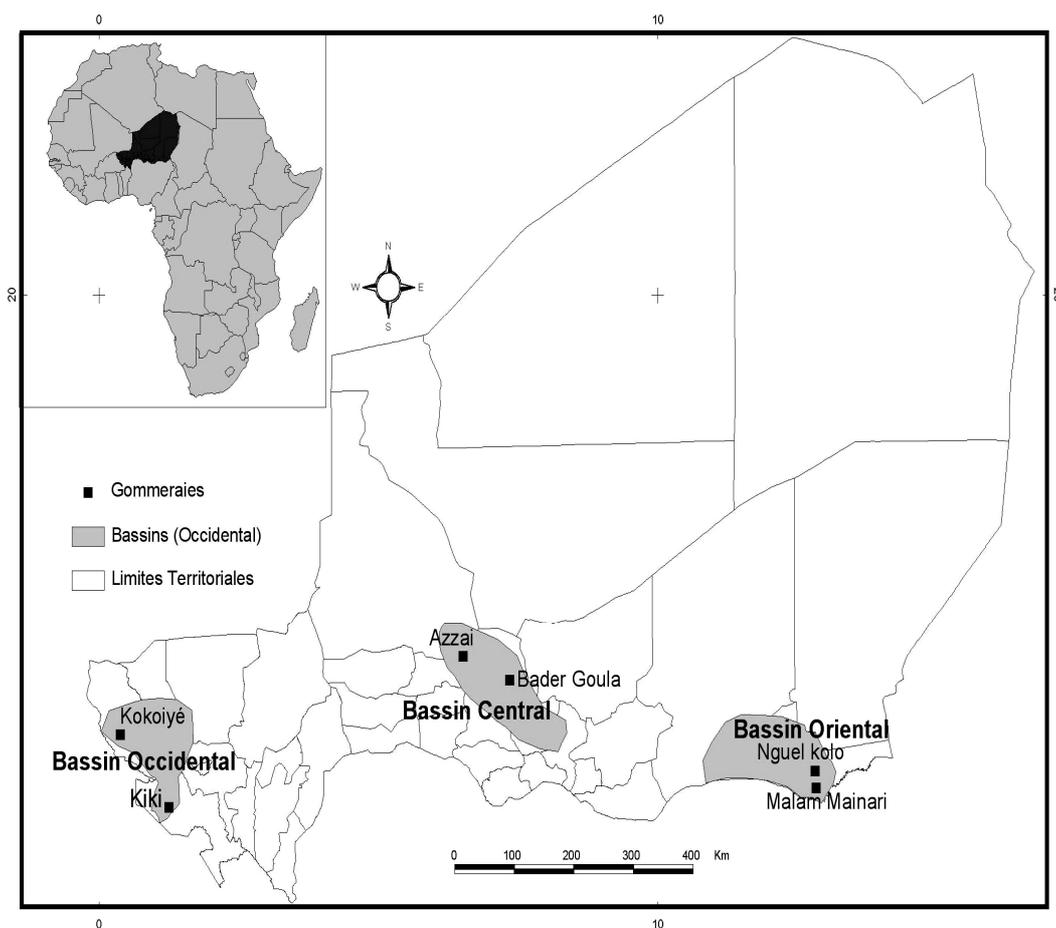


Figure 1 : Carte de localisation des gomme raies étudiées.

Tableau 1 : Données climatiques des gomme raies étudiées.

Gomme raies	Climat	Saison sèche	Saison des pluies	Pluviométrie Moyenne (1990-2010)	Coordonnées
Kiki	Soudano-sahélien	octobre-avril	mai-septembre	622 mm	N12°59'36,4" E01°32'57"
Kokoiyé	Sahélien	octobre-avril	mai-septembre	425 mm	N13°59'06,1" E 0°44'32,3"
Bader Goula	Sahélien	octobre-mai	juin-septembre	376 mm	N14°43'28,7" E 7°14'27,10"
Azzai	Sahélien	octobre-mai	juin-septembre	350 mm	N15°02'22,8" E 06°24'46,2"
Malam Mainari	Sahélien	octobre-mai	juin-septembre	309 mm	N 13°17'39,8" E 12°18'27,5"
N'guel Kolo	Sahélien	octobre-mai	juin-septembre	300 mm	N 13°29'28,9" E 12°20'38,9"

RESULTATS

La Figure 2 montre les variations du pH sous et hors houppier et ces variations sont significatives entre toutes les gommeraies (P<0,05). Ces variations sont dans la plupart des cas plus élevées sous le houppier des arbres des sites de Kiki, Kokoiyé, Malam Mainari, dans d'autres cas plus élevées hors houppier (Bader Goula) et dans les gommeraies de Azzai et N'Guel Kolo, ces variations sont presque inexistantes sous et hors houppiers.

Pour ce qui est du carbone organique C (Figure 3), les variations sont significatives dans toutes les gommeraies (P<0,05) et sont plus élevés dans la plupart des cas sous houppier qu'au niveau des témoins.

La Figure 4 donne les résultats de la teneur en azote dans les différentes gommeraies. Bien que les variations observées sont significatives (P<0,05) entre les gommeraies, il n'existe pas de façon précise de variations sous et hors houppier de

cet élément (sauf pour la gommeraie de Bader où N est plus élevé hors houppier et la gommeraie de Kokoiyé où N est plus élevé sous houppier).

Concernant le phosphore assimilable P, les résultats à travers la Figure 5 montre que c'est surtout sous le houppier qu'on a observé les valeurs les plus élevés (P<0,05 donc significatives).

Pour ce qui est de la capacité d'échange cationique (CEC), les variations observées sur l'ensemble des gommeraies à travers la Figure 6 sont statistiquement significatives (P<0,05). Ces valeurs sont plus élevées dans la plupart des cas sous houppier (sauf pour la gommeraie de Kokoiyé).

Quant aux variations de la somme des bases échangeables S (S= Ca⁺⁺+Mg⁺⁺+Na⁺+K⁺) que la Figure 7 montre, elles sont plus importantes sous le houppier qu'au niveau des témoins dans la plupart des cas et ces variations sont significatives (P<0,05).

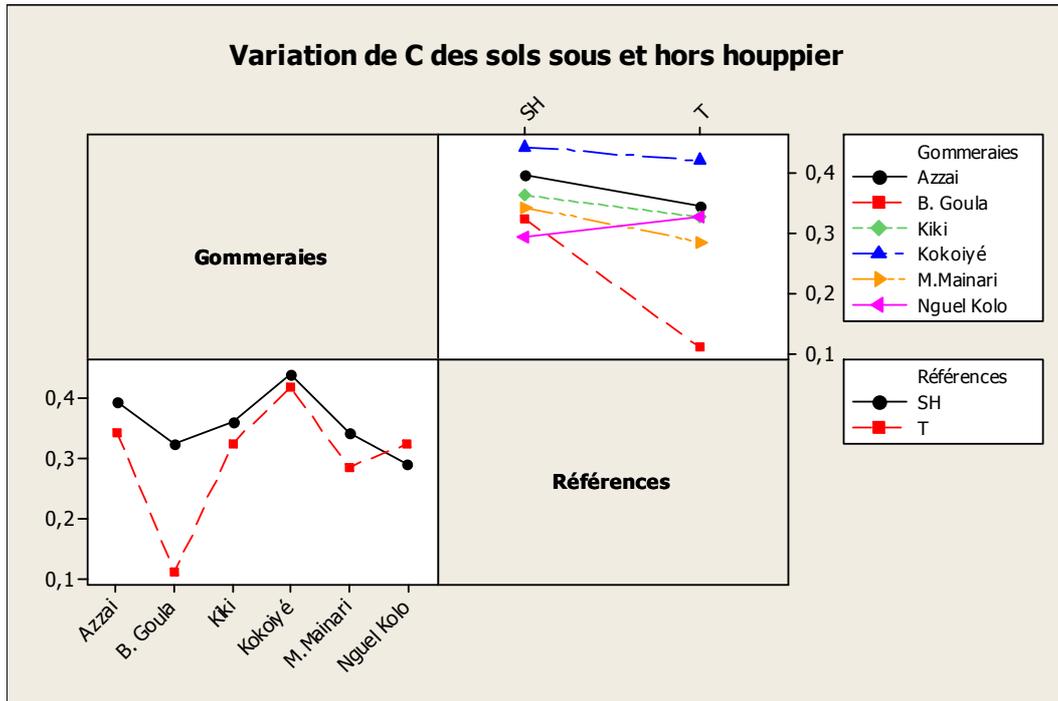


Figure 2 : Variation de pH dans les différentes gommeraies. SH : Sous Houppier de l'arbre; T : Témoin (hors houppier).

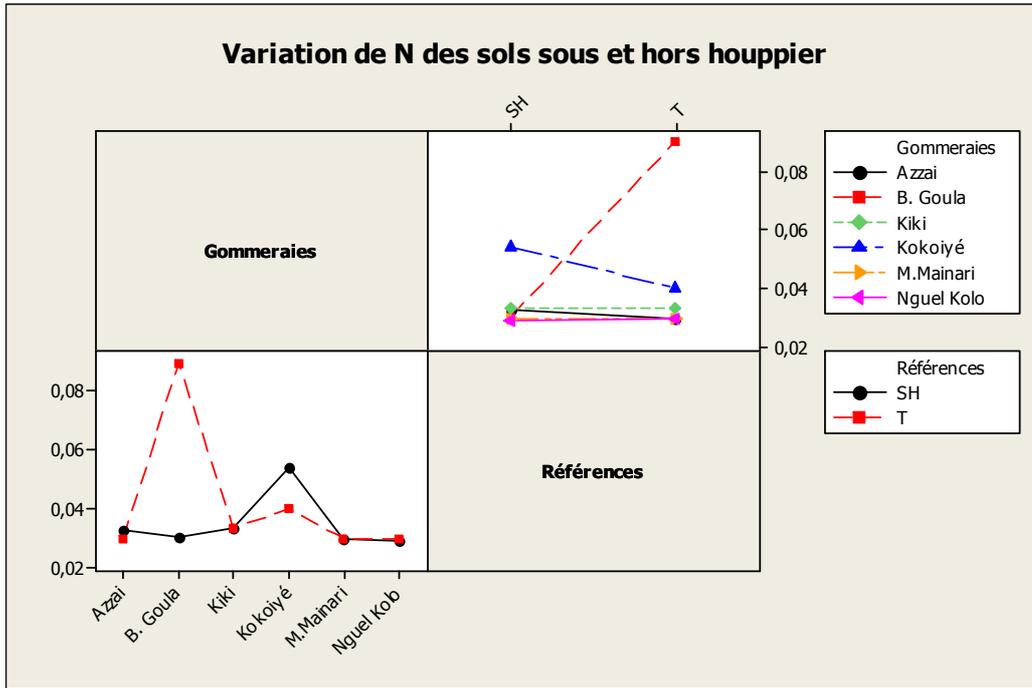


Figure 3 : Variation de C des sols sous et hors houppier.

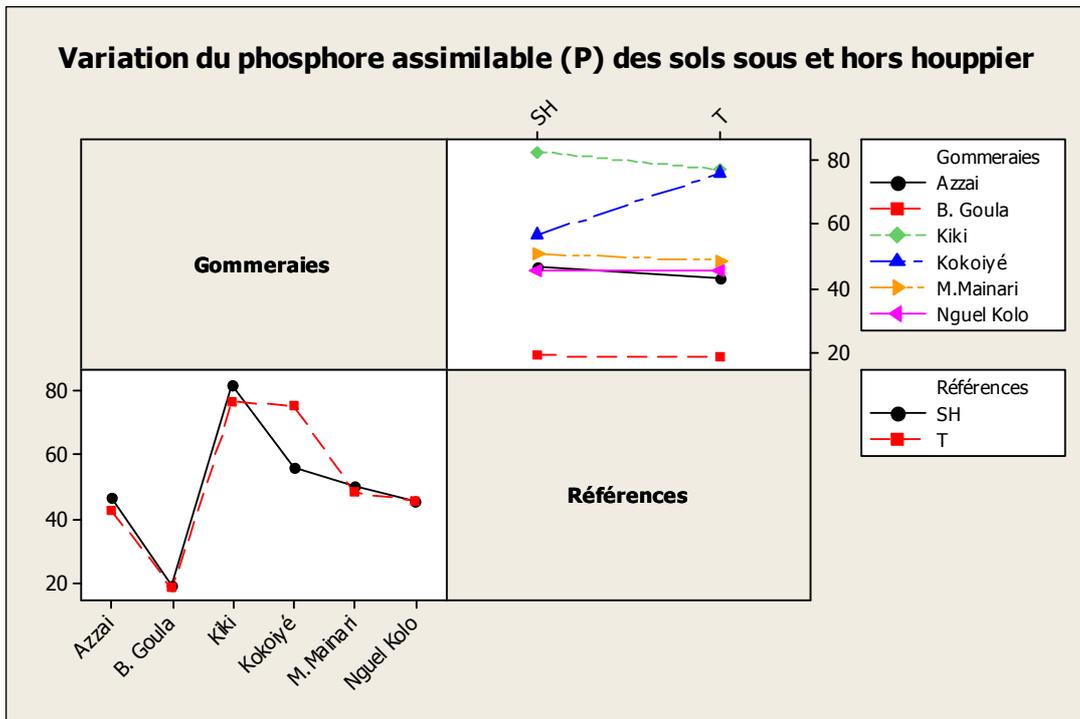


Figure 4 : Variation de N des sols sous et hors houppiers.

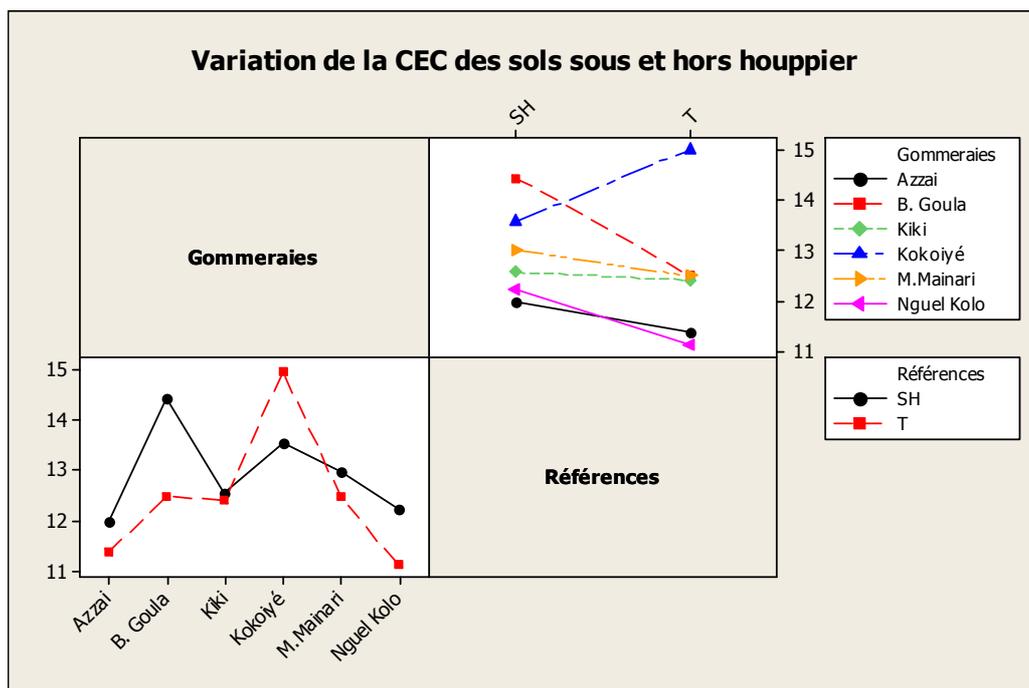


Figure 5 : Variation du phosphore assimilable (P) des sols sous et hors houppiers.

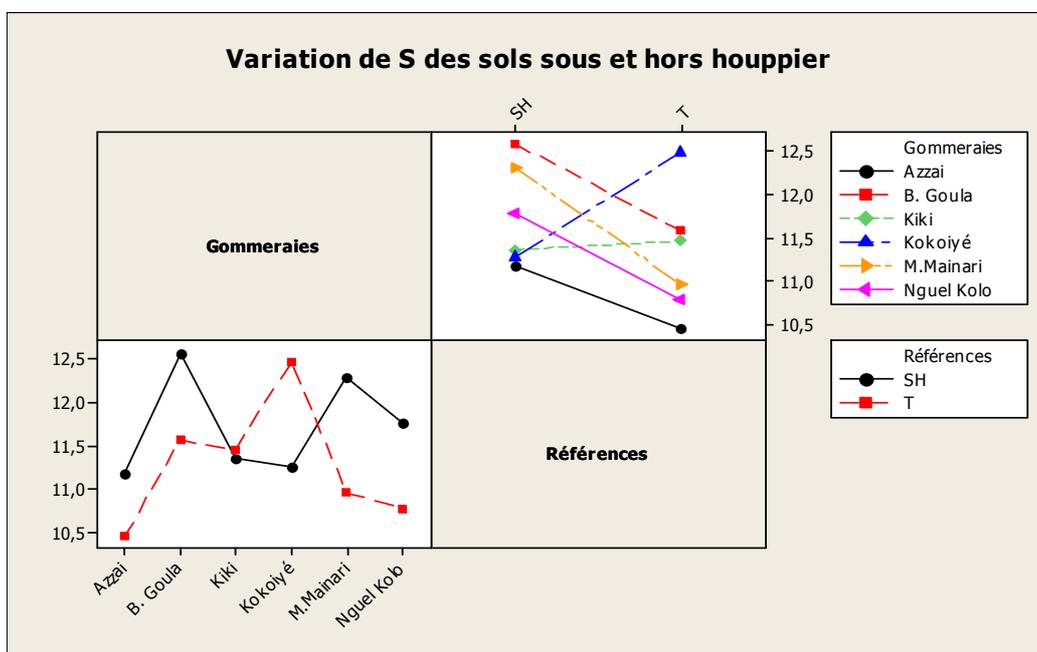


Figure 6 : Variation de la CEC des sols sous et hors houppiers.

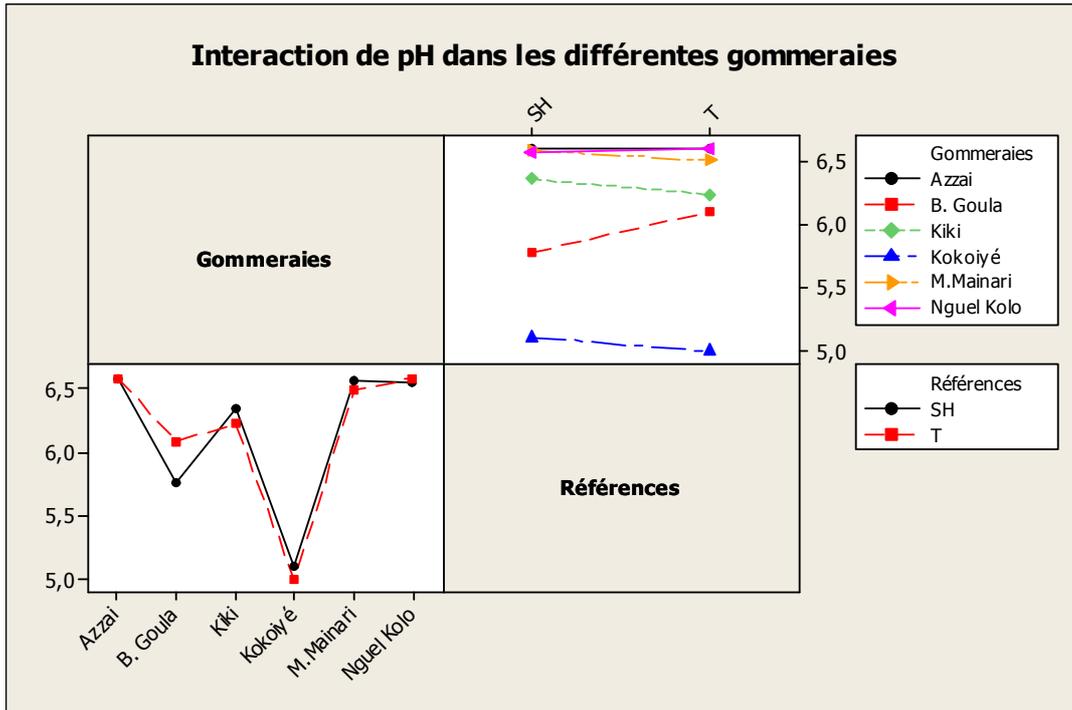


Figure 7 : Variation de S des sols sous et hors houppiers.

DISCUSSION

Les résultats obtenus à travers cette étude montrent que les variations de pH sous et hors houppiers ne font pas ressortir de façon précise l'influence de *A. senegal* sur le pH de ces sols. Pour ce qui est du carbone organique C, ses valeurs étant plus élevées sous houppier par rapport aux témoins, pourraient être dû à l'action des microorganismes du sol sur la matière organique se trouvant sous *A. senegal*. En effet, la plus forte concentration de microorganismes se trouvant sous le houppier aux horizons 0-25 cm (Sarr et Lesueur, 2006) expliquerait ces résultats. Cette étude a aussi mis en évidence que la teneur en carbone organique C est plus élevée sous les arbres par rapport aux témoins qui est le résultat d'addition continue de la matière organique des arbres (Belsky et al., 1993; Prinsley et Swift, 1994). Des résultats similaires ont été trouvés sous l'espèce *A. senegal* (Daldoum et Nimer, 2002; Deans et al., 1999; El Tahir et al., 2004) et sous d'autres espèces d'arbres

pérennes (Belsky et al., 1993; Jaiyeoba, 1996; Kumar et al., 1998; Prinsley et Swift, 1994). Ces résultats montrent l'effet positif de l'arbre *A. senegal* sur le sol non seulement grâce à la litière produite mais aussi grâce aux branches et gousses tombées sur le sol des gommeraies. Concernant l'azote N, sa teneur est dans la plupart des cas < 0,05% traduisant un très bas niveau d'azote dans ces sols (Euroconsult, 1989). Par contre, la teneur plus élevée en N sous houppier dans certains cas pourrait être attribuée à la : fixation biologique de l'azote; décomposition des résidus d'arbre et la poussière atmosphérique emprisonnée par l'arbre (El Tahir et al., 2009). Aussi, la décomposition de la litière herbacée pourrait être un autre facteur d'enrichissement du sol sous houppier (Buresh et Tian, 1998). Le phosphore assimilable quant à lui présentant des valeurs plus élevées sous houppier (sauf pour la gomme de Kokoiyé où P est plus élevé hors houppier) pourraient être dues à la minéralisation de la matière organique dans le sol et de la symbiose racinaire d'*A. senegal*

avec les champignons mycorhiziens. Aussi, c'est dans la gommaraie de Kiki qu'on a observé les plus fortes valeurs du phosphore assimilable (jusqu'à 82,39 mg/kg). Cela pourrait s'expliquer par le fait que la gommaraie de Kiki est la plus arrosée des gommaraies étudiées avec une moyenne pluviométrique de 629 mm. Ce qui est conforme aux résultats de Radersma (1996) qui indique que l'humidité du sol permet une bonne diffusion du phosphore disponible dans le sol en direction des racines facilitant ainsi son absorption. Quant à capacité d'échange cationique CEC, le fait que ces valeurs soient plus élevées sous houppier par rapport aux témoins pourrait être dû à une bonne décomposition de la litière du fait de l'intense activité biologique sous les houppiers. Ce qui montre l'impact positif que peut avoir *A. senegal* sur le sol à travers la CEC dans ces gommaraies grâce à la bonne décomposition de la litière produite par l'arbre car la CEC est corrélée au degré de décomposition de la matière organique (Euroconsult, 1989).

Conclusion

Cette étude a permis de mettre en évidence l'influence que pourrait avoir l'arbre *Acacia senegal* sur la fertilité des sols des gommaraies. En effet, les mesures quantitatives et qualitative de certains paramètres de fertilité des sols (pH, C, N, CEC, P, et S) ont permis de constater que le sol se trouvant sous le houppier de l'arbre est riche en éléments minéraux.

Cela pourrait s'expliquer d'une part, par le fait que *A. senegal* est une légumineuse capable à l'aide de la symbiose au niveau racinaire avec le rhizobium et les champignons mycorhiziens d'obtenir les éléments nécessaires pour son développement. Cette symbiose aurait stimulé le développement important d'une grande diversité de colonies microbiennes source d'azote, et de phosphore dans le sol. Aussi, certains éléments chimiques tels que l'azote et le phosphore pourraient provenir soit de la décomposition de la matière organique

d'origine végétale ou bien de la microflore du sol.

D'autre part, les dépôts secs et humides des matières organiques sur la frondaison de l'arbre ; la diminution de l'érosion, du lessivage et du ruissellement pluvial sous l'arbre ; l'absorption et le recyclage des éléments nutritifs ; et la concentration de crottes d'animaux venant appâter les gosses ou bien se reposer sous l'arbre pourraient contribuer à l'amélioration des propriétés physiques du sol et donc de la fertilité des sols.

Une meilleure valorisation de cette ressource permettra le développement de l'agroforesterie à travers l'association *A. senegal*-culture vivrières dans les gommaraies. Les pratiques agroforestières pourraient ainsi : augmenter la diversité végétale, contrôler l'érosion des sols et séquestrer le carbone organique. Donc *A. senegal* est une espèce d'arbre qui peut être recommandée aux nombreux projets et programmes de reboisement au Niger.

REMERCIEMENTS

Au terme de cette étude, nous adressons nos sincères remerciements au projet ACACIAGUM (FP6-INCO-32233) pour avoir financé ces travaux et le Laboratoire de Pédologie de la faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey pour les analyses des échantillons de sols.

REFERENCES

- Belsky AJ, Mwonga SM, Amundson RG, Duxbury JM, Ali AR. 1993. Comparative effects of isolated trees on their under canopy environments in high- and low-rainfall savannas. *Journal of Applied Ecology*, **30**: 143–155.
- Buresh RL, Tian G. 1998. Soil improvement by trees in sub-Saharan Africa. *Agroforestry Systems*, **38**: 51–76.
- Daldoum MA, Nimer AM. 2002. Effects of *Acacia senegal* (L., Wild) on sandy soils: a case study of El Demokeya Forest. *University of Khartoum Journal of Agricultural Sciences*, **10**(1): 198–210.

- Deans JD, Diagne O, Lindley DK, Dione M, Parkinson JA, 1999. Nutrient and organic-matter accumulation in *Acacia senegal* fallows over 18 years. *Forest Ecology and Management*, **124**: 153-167.
- Dommergues YR, Duchoux E, Diem HG, 1999. *Les Arbres Fixateurs d'Azote : Caractéristiques Fondamentales et Rôle dans l'Aménagement des Ecosystèmes Méditerranéens et Tropicaux*. CIRAD, Edition Espace, FAO, IRD: Montpellier.
- El Tahir BA, Ahmed DM, Ardo J, Gaafar AM, Salih AA. 2009. Changes in soil properties following conversion of *Acacia senegal* plantation to other land management systems in North Kordofan State, Sudan. *Journal of Arid Environments*, **73**: 499–505.
- El Tahir BA, Madibo G M, El Wakeel AS, 2004. Influence of *Acacia senegal*, *Acacia seyal* and *Acacia tortilis* on some properties of sandy soil in North Kordofan State, Sudan. *University of Khartoum Journal of Agricultural Sciences*, **12**(1): 127–141.
- Euroconsult. 1989. *Agricultural Compendium for Rural Development in the Tropics and Subtropics*. Elsevier: Amsterdam; 740p.
- Fall D, Diouf D, Ourarhi M, Faye A, Abdelmounen H, Neyra M, Sylla SN, El Idrissi MM. 2008. Phenotypic and genotypic characteristics of *Acacia Senegal* (L.) Willd. root nodulating bacteria isolated from soils in dry land part of Senegal. *Lett. Appl. Microbiol.*, **47**: 85-97.
- Faye A, Sall S, Chotte JL, Lesueur D, 2007. Soil bio-functioning under *Acacia nilotica* var. *Tomentosa* protected along the Senegal River. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, **79**: 35-44.
- Garrity DP, Akinnifesi FK, Ajayi OC, Weldesemayat SG, Mowo JG, Kalinganire A, Larwanou M, Bayala J. 2010. Evergreen Agriculture: a robust approach to sustainable food security in Africa. *Food Security*, **2**: 197-214.
- Hussein SEG. 1990. The influence of fallow under *Acacia senegal* (L.) Willd, on C and N content of the soil. *Beitraege zur Tropischen Landwirtschaft und Veterinaermedizin*, **28**: 217–229.
- Isaac ME, Harmand JM, Lesueur D, Lelon J. 2011. Tree age and soil phosphorus conditions influence N₂ fixation rates and soil N dynamics in natural populations of *Acacia senegal*. *Forest Ecology and Management*, **261**: 582-588.
- Jaiyeoba IA. 1996. Amelioration of soil fertility by woody perennials in cropping fields: evaluation of tree species in the semi-arid zone of Nigeria. *Journal of Arid Environments*, **33**: 473–482.
- Kumar R, Kumar A, Dhillon RS. 1998. Morphological and physico-chemical characteristics of soils under different plantation in arid ecosystem. *Indian Journal of Forestry*, **21**(3): 248–252.
- Mathieu C, Pieltain F. 2003. *Analyse Chimique des Sols*. TEC. & DOC : 387P.
- Nick G, de Lajudie P, Eardly BD, Suomalainens S, Paulin L, Zhang X, Gillis M, Lindstrom K. 1999. *Sinorhizobium arboris* sp. nov. and *Sinorhizobium kostiense* sp. nov., isolated from leguminous trees in Sudan and Kenya. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, **49**: 1359-1368.
- Prinsley RT, Swift MJ. 1994. Amelioration of Soil by Trees: a Review of Current Concepts and Practices. Commonwealth Science Council, London, pp. 104–120.
- Raddad EY, Luukkanen O. 2006. Adaptive genetic variation in water-use efficiency and gum yield in *Acacia Senegal* provenances grown on clay soil in the Blue Nile region, Sudan. *Forest Ecology and Management*, **226**: 219-229.
- Radersma S. 1996. Influence des arbres agroforestiers sur le sol et la strate herbacée du Sud du Sahel. Rapports PSS N° 26. Wageningen, 180p.
- Sarr A, Lesueur D. 2006. Influence of soil fertility on the rhizobial competitiveness for nodulation of *Acacia senegal* and *Acacia nilotica* provenances in nursery and field conditions. *World J. Microbiol.*

- Biotechnol.*, DOI 10100/s11274-006-9288-0.
- Sarr A, Neyra M, Houeibib MAO, Ndoye I, Oihabib A, Lesueur D. 2005. Rhizobial populations in soils from natural *Acacia senegal* and *Acacia nilotica* forest in Mauritania and the Senegal river Valley. *Microbiol. Ecol.*, **50**: 152-162.
- Soloviev P, Zerbo GC, Lompo D, Yoda LB, Jacques D et Diallo A. 2009. *Acacia senegal* au Burkina Faso: état de la ressource et potentiel productif. *Bois et Forêts des Tropiques*, **300**(2): 15-25.
- Sprent JI, Odee D, Dokota D. 2010. African legumes: a vital but under-utilized resource. *J. Exp. Bot.*, **66**: 1257-1265.
- Von Maydell HJ, 1983. *Arbres et Arbuste du Sahel, leurs Caractéristiques et leur Utilisation*. G.T.Z. Eschborn: Niger; 529.
- Wickens GE, Seif El Din AG, Sita G, Nahal I. 1995. *Role of Acacia Species in the Rural Economy of Dry Africa and the Near East*. FAO Conservation Guide n° 27: Roma, Italia.