

EFFET DES TOUFFES DE *Guiera senegalensis* SUR LA PRODUCTION DU MIL DANS LA REGION DE MARADI (NIGER)

DAN LAMSO N.¹, GUERO Y.¹, TANKARI DAN-BADJO A.¹, RABAH L²., ANDRE B.
B³., PATRICE D⁴., TIDJANI A. D.¹, ADO MAMAN N.¹, AMBOUTA JEAN MARIE K.¹

1. Département Sciences du sol, Faculté d'Agronomie de Niamey, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niamey, Niger
2. Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Montpellier, France
3. Institut de l'Environnement et Recherches Agricoles (INERA), Ouagadougou, Burkina Faso
4. African Conservation Tillage Initiative (ACT), Ouagadougou, Burkina Faso

Résumé: Dans les zones arides et semi arides, la dégradation et la baisse de la fertilité des terres est une préoccupation majeure pour les agriculteurs. A Guidan Bakoye, dans la région de Maradi, pour y faire face, les paysans ont entre autres adopté la régénération naturelle assistée pour recréer leur environnement dégradé suite à une utilisation incontrôlée. Ainsi, diverses espèces ligneuses ont été élevées et entretenues dans ce terroir notamment *Guiera senegalensis*. La présente étude porte sur l'influence des touffes de cet arbuste sur la production du mil dans le terroir de Guidan Bakoye. Pour ce faire, des essais ont été menés selon un dispositif en blocs randomisés complet sur 3 parcelles avec touffes de *Guiera senegalensis* et une parcelle témoin (sans touffes). Les résultats obtenus ont révélé un meilleur développement racinaire du mil associé à *Guiera senegalensis* qui semble prospecter la rhizosphère de ce dernier contrairement au mil évoluant hors cet arbuste, dont les racines sont fines et verticales. L'étude montre aussi une augmentation des rendements en grains et en pailles du mil sous influence de *Guiera senegalensis* respectivement de l'ordre de 50 à 100% et de 10 à 25 %. Il apparaît clairement que la croissance et le développement du mil dans le terroir de Guidan Bakoye sont améliorés par la présence des touffes de *Guiera senegalensis*.

Mots clés: Touffes, *Guiera senegalensis*, mil, rendements, Guidan Bakoye, Maradi.

EFFECT OF TUFTS *Guiera senegalensis* OF PRODUCTION OF MILLET IN THE REGION MARADI (NIGER)

Abstract: In arid and semi-arid, the degradation and the decline in the soil fertility is a major concern for farmers. At Guidan Bakoye, in the Maradi region, to cope with this, the farmers have adopted the assisted natural regeneration to rebuild a degraded environment due to uncontrolled use. Thus, a variety of woody species have been bred and maintained in this region in particular, *Guiera senegalensis*. The present study focuses on the influence of the tufts of this plant on the production of millet in Guidan Bakoye locality. To do this, tests were carried out according to a device in a block randomized complete on 3 plots with tufts of *Guiera senegalensis* and a control plot (no tufts). The results obtained revealed a better root development of the millet associated with the *Guiera senegalensis* which seems to explore the rhizosphere of the latter unlike the mil playing out of this shrub whose roots are thin and vertical. The study also shows an increase in yields of grain and straw of millet under the influence of *Guiera senegalensis* respectively in the order of 50 to 100% and from 10 % to 25%. It appears clearly that the growth and development of millet in the Guidan Bakoye soil are improved by the presence of tufts of *Guiera senegalensis*.

Keywords: Tufts, *Guiera senegalensis*, millet, yields, Guidan Bakoye, Maradi.

Introduction

Au Niger et particulièrement dans la région de Maradi, l'agriculture est la principale activité économique. Mais, cette dernière rencontre d'énormes contraintes liées à la saturation de l'espace cultivable, la mauvaise répartition de la pluviométrie dans le temps et dans l'espace, la forte pression démographique et la baisse de la fertilité des sols. Cela engendre de nombreuses conséquences dont l'insuffisance de la production agricole, et par suite une insécurité alimentaire devenue quasi-chronique et plus sévère en milieu rural qu'en milieu urbain [1]. Face à cette situation, plusieurs stratégies ont été adaptées ou développées par les paysans. Parmi ces stratégies, on peut citer les techniques classiques de conservation des eaux et des sols, et de défense et restauration des sols, la rotation culturale, l'association céréales – légumineuses et l'utilisation des espèces agroforestières dans les champs [2 ; 3]. Dans le département d'Aguié, en particulier dans les villages de Dan Saga et Guidan Bakoye, les paysans ont protégé et entretenu les arbres qui poussent dans leurs champs pendant le défrichage. En effet cette pratique appelée la "Régénération Naturelle Assistée" (RNA) est une pratique séculaire qui consiste à épargner et à entretenir dans une parcelle de culture, les

régénérations naturelles spontanées à densités désirées. Grâce à cette pratique, la densité des ligneux dans les champs s'est améliorée, avec environ 60 à 100 individus à l'hectare [4].

De nombreuses études ont traité de l'utilisation des espèces ligneuses dans les champs telles que *Acacia albida* [5 ; 6], *Hyphaene thebaica* [7 ; 8], *Boracus aethiopum* [9] et *Acacia senegal* [10] dans l'optique d'améliorer la fertilité des sols et les productions agricoles.

Nos travaux de recherche antérieurs ont montré une amélioration de la fertilité des sols en présence des touffes d'*Hyphaene thebaica* et de *Guiera senegalensis* [8]. Par exemple, l'amélioration des paramètres physico-chimiques des sols en présence des touffes d'*Hyphaene thebaica*, est due essentiellement au rôle que joue cette espèce végétale dans l'enrichissement des sols en matières organiques et en éléments minéraux à travers la litière de ses palmes et le piégeage des particules transportées par le vent.

La présente étude complète donc nos recherches menées dans la région de Maradi et traite de la mise en évidence de l'effet de cette amélioration sur la

production du mil, dans le terroir de Guidan Bakoye. Elle a pour objectifs de suivre la phénologie et de déterminer le rendement du mil autour des touffes de *Guiera senegalensis*, qui est une des espèces entretenues et protégées par les populations de la région de Maradi notamment celles de Guidan Bakoye.

1. Matériel et méthodes

1.1. Présentation et choix du site d'étude

L'étude s'est déroulée dans le terroir villageois de Guidan Bakoye situé à 22 km au Nord d'Aguié entre 13°41'35'' de latitude nord et 07°46'483'' de longitude Est (Figure 1). Le terroir est limité à l'Est par Woura, à l'Ouest par Dan Saga, au Sud par Guidan Dawey et au Nord par Dogarawa.

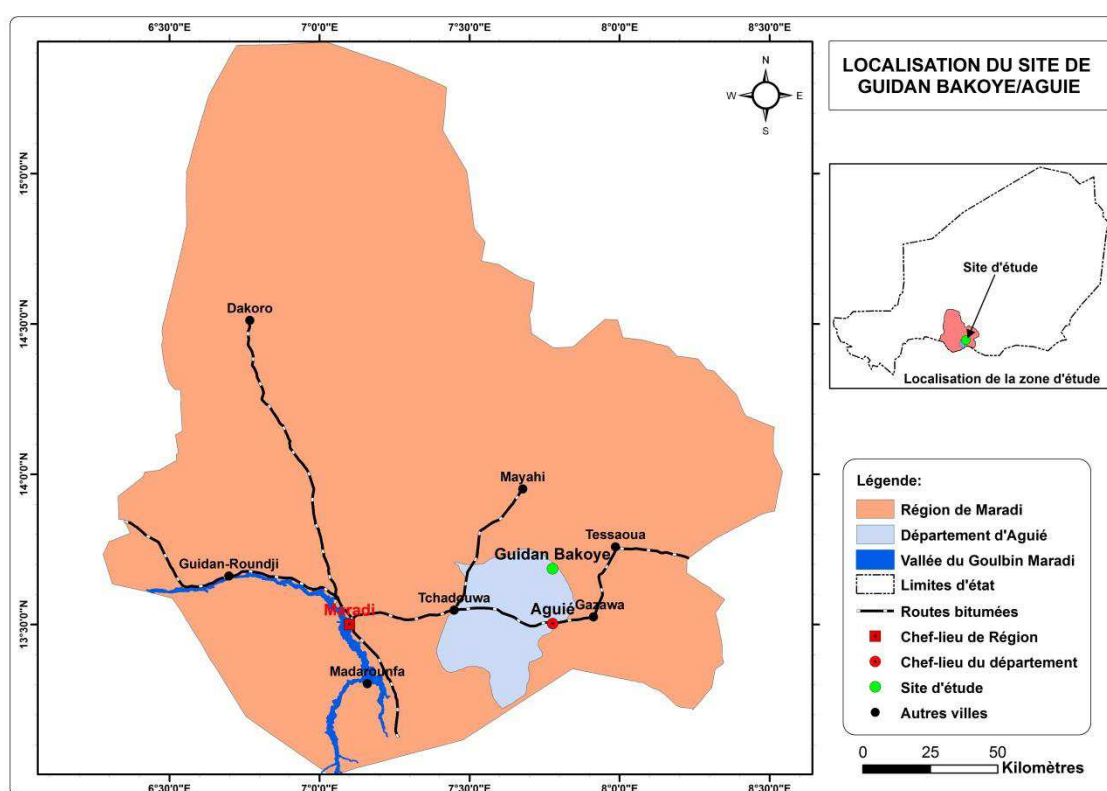


Figure 1 : Localisation du site de Guidan Bakoye

Le climat de Guidan bakoye est de type sahélien avec une pluviométrie annuelle moyenne comprise entre 400 et 600 mm. L'agriculture pluviale constitue ainsi la principale activité socio-économique des populations. Les cultures dominantes sont

le mil, le sorgho, le niébé et l'arachide et secondairement le sésame, le voandzou et l'oseille. Cependant, cette activité connaît plusieurs contraintes notamment la baisse de la fertilité des sols, une crise foncière agricole, l'insuffisance et l'irrégularité des

pluies et des pressions parasitaires. On note aussi une très faible mécanisation de l'agriculture et un faible accès aux autres intrants agricoles.

Les sols du terroir sont dominés essentiellement par les sols ferrugineux tropicaux développés sur du sable et appelés « Jigawa » [11]. Le couvert végétal du terroir est marqué par la prédominance des Combrétacées notamment *Guiera senegalensis* qui constitue non seulement la principale source fourragère mais aussi la première source de bois de chauffe.

Le choix du terroir de Guidan Bakoye a été fait selon les critères suivants : densité de *Guiera senegalensis*, parcelles expérimentales non loin du village et devant représenter le système de culture dominant du terroir. A cet effet, un champ présentant une densité de 1800 touffes/ ha de *Guiera senegalensis* a été choisi.

1.2. Matériel végétal

Le matériel végétal est composé de :

- *Guiera senegalensis* est une espèce de la famille des Combretaceae, du genre *Guiera*, espèce *senegalensis*. C'est un arbuste d'environ 3 mètres de haut se

présentant quelquefois sous l'aspect de buissons ne dépassant pas 1,5 m [12] comme le montre la figure 2. Il présente de petites feuilles persistantes et opposées qui sont vertes plus ou moins grises ou bleutées, ovales - arrondies, un peu duveteuses sur les deux faces [11 ; 13 ; 14]. Ses fleurs, blanches ou jaunâtres, à pétales fort étroits, constituent de denses têtes pédonculées et ses fruits, droits, sont lobés en "patte d'araignée", densément couverts de très longs poils soyeux. Le fruit est un akène linéaire brun à vert de 3 à 4 cm à pubescence argentée. Son écorce est lisse ou écailleuse et de couleur grise [12]. Les racines de *Guiera senegalensis* sont vermifuges et à l'âge de 12 ans, *Guiera senegalensis* est à mesure d'envoyer latéralement ses racines jusqu'à 7,6 m du collet. C'est une espèce des zones soudano sahéliennes qui se développe bien sur les sols pauvres, sableux et cuirassés [12 ; 15].



Figure 2: *Guiera senegalensis* buissonnant

- et *Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.]: La variété choisie est le Haïni Kiré Précoce (HKP) mise au point par l'Institut National de Recherches Agronomiques (INRAN) du Niger en 1987 qui a un cycle moyen de 90 jours. C'est une variété à épis longs (55 à 60 cm) qui est largement vulgarisée dans toutes les zones millicoles du Niger entre les isohyètes 350 et 800 mm où son rendement potentiel en grains atteint 1,5 à 2,5 t/ha.

1.3. Enquête

Il s'agit d'une enquête individuelle réalisée à base d'un questionnaire semi-ouvert adressé aux paysans. Les questions sont relatives au rôle et à l'importance écologique et socio-économique de *Guiera senegalensis*, son mode de gestion (RNA, paillis issu du recepage, marcottage...)

ainsi que la dynamique du peuplement. Ainsi, 15 paysans ont été questionnés dont 5 paysans les plus âgés du village, 5 paysans artisans qui utilisent les palmes et 5 paysans ayant de nombreux plants de RNA de *Guiera senegalensis* dans leurs champs. Les paysans sont rencontrés dans leur champ ou au village.

1.4. Dispositif expérimental

Il s'agit d'un dispositif en blocs randomisés complet avec trois répétitions des touffes de *Guiera senegalensis*. Le choix de la touffe (ou bélou) s'est porté sur son isolement par rapport à une autre touffe et/ou un autre ligneux. Ainsi, les trois (3) touffes choisies sont distantes l'une de l'autre d'au moins 50 m.

Les quatre côtés (Est, Ouest, Sud et Nord) de chaque touffe sont considérés comme traitements du dispositif. Ainsi, les parcelles TE, TO, TN et TS d'une superficie de 9 m² chacune, et respectivement pour les côtés Est, Ouest,

Nord et Sud ont été placées au niveau de chaque répétition. Une parcelle Témoin sans touffes de *Guiera senegalensis* été aussi choisie. La figure 2 donne le schéma du dispositif d'étude.

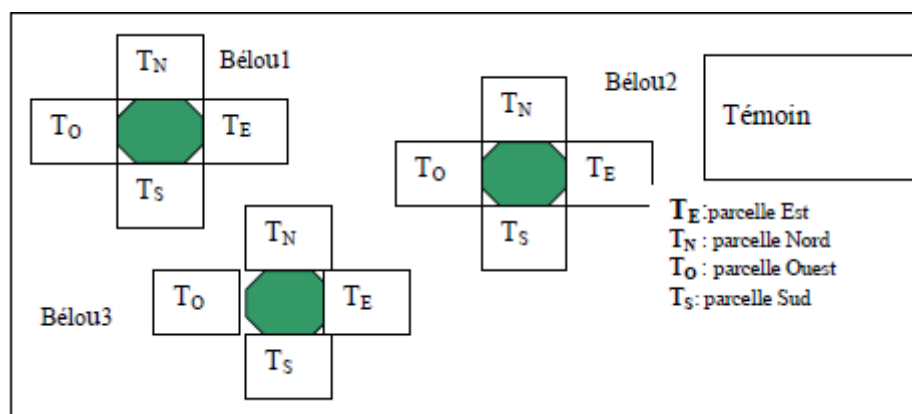


Figure 2 : Schéma du dispositif d'étude

1.5. Observations et mesures sur la culture du mil

Elles se rapportent :

- Aux mesures hebdomadaires de la hauteur des plants de la montaison à la maturité physiologique à l'aide d'une règle;

- Au constat des dates de 50 % de levée, de tallage, de montaison, d'épiaison, de floraison et de maturité physiologique sur chaque sous parcelle ;

- A l'évaluation des composantes du rendement (poids des grains et de la paille sèche) au niveau de chaque touffe de *Guiera senegalensis*. En effet, la récolte a été effectuée à travers un recepage total des

pieds de mil et après quatre (4) jours de séchage, les épis ont été coupés puis décortiqués. Ainsi, les rendements en grains et en tiges ont été évalués ;

- à la notation des attaques parasitaires.

Ces observations et mesures ont été faites autour des touffes selon les 4 points cardinaux (Est – Ouest et Nord - Sud) dans l'optique de prendre en compte l'influence de la direction des vents.

1.6. Etude du système racinaire des ligneux et de la culture du mil

L'étude de l'architecture des racines de *Guiera senegalensis*, en présence de la culture du mil est menée selon la méthode

de déblayage latéral (Figure 3). Le travail consistait à déblayer (sans couper les racines ni leur changer de disposition) une touffe de *Guiera senegalensis* associée au mil. L'opération est répétée mais sur des pieds séparés. L'objectif est d'apprécier la distribution des racines, leur développement et leur organisation.

1.7. Analyse statistique des données

Les données du suivi phénologique ont été traitées avec le logiciel GenSTAT. Ainsi les données obtenues ont été soumises à une analyse de variance pour identifier la présence ou non de différences significatives (au seuil de 5% de probabilité) pour les différents paramètres

selon les points cardinaux. En présence de différences significatives, le test de Student Newman Keuls (au seuil de 5%) a été effectué pour identifier les traitements significativement différents selon la variable considérée.

2. Résultats et discussion

2.1. Développement des systèmes racinaires de *Guiera senegalensis* et du mil

La figure 3 présente la répartition des racines de *Guiera senegalensis* et du mil dans le sol selon qu'ils soient associés ou seuls.

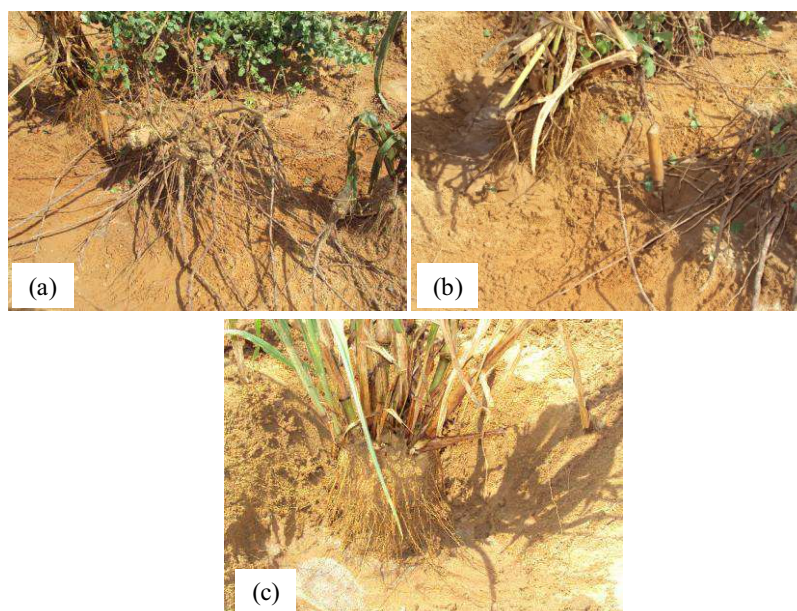


Figure 3: Architecture racinaire de *Guiera senegalensis* seul (a), *Guiera senegalensis* associé au mil (b), et mil seul (c)

L'analyse de la figure 3 permet de remarquer que le mil développé autour de

la touffe de *Guiera senegalensis* présente des racines plus grosses que celles du mil

seul. Dans ce dernier cas, les racines sont verticales et très fines. En présence de la touffe de *Guiera senegalensis*, le mil a un système racinaire différent : les racines du mil proches de celles de *Guiera senegalensis* sont peu poilues. Celles qui sont légèrement plus éloignées, ont tendance à s'enfoncer verticalement. Tout se passe comme si les racines du mil

prospectent la rhizosphère de *Guiera senegalensis*.

En ce qui concerne les racines de *Guiera senegalensis*, elles sont superficielles (20 – 30 cm de profondeur dans la majorité des cas), de taille du majeur (le plus long des doigts humains), se développent latéralement et colonisent plus de 7 m de rayon autour de la touffe (Figure 4).



Figure4: Une racine de *Guiera senegalensis* développée latéralement sur plus de 7 m

Cette morphologie du système racinaire de *Guiera senegalensis*, confirme les travaux de recherche [16] qui ont montré que les 20 premiers cm du sol sont le domaine de grosses racines latérales qui après une certaine distance du tronc (7 m dans notre cas), s'enfoncent obliquement dans les horizons compacts. Cela indiquerait que cette prospection latérale des espaces environnants de *Guiera*

senegalensis, lui donne une forte capacité de mobilisation des éléments minéraux du sol nécessaires à sa croissance.

2.2. Influence des touffes de *Guiera senegalensis* sur les paramètres de la production du mil

2.2.1. Production de talles

Le tableau 1 présente le nombre moyen des talles fertiles selon les directions. de talles totales et le pourcentage moyen

Tableau 1 : Production moyenne de talles selon les directions

Parcelles	Talles totales	% talles fertiles
TE	51111	41,74
TO	57777	31,54
TN	44889	23,76
TS	45333	46,07
Témoin	27200	35,30

Il ressort du tableau 1 que la production des talles totales est plus importante dans les directions Est – Ouest. Dans l'ensemble des directions, cette production est 1,5 à 2 fois plus élevée que celle du témoin. Le taux des talles fertiles est variable avec des valeurs élevées dans les directions Est et Sud.

2.2.2. Croissance

La figure 5 illustre les variations de la croissance végétative du mil aux différentes dates en fonction des directions et de la présence de la touffe.

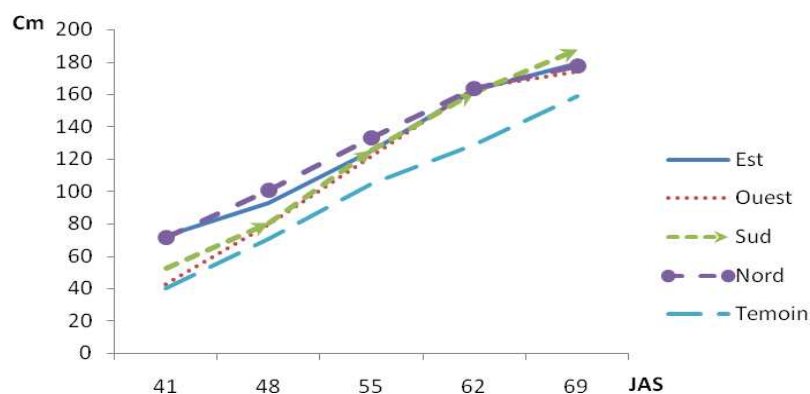


Figure 5: Evolution dans le temps de la hauteur de mil selon les directions (JAS : jours après semis)

L'observation de la figure 5 révèle que le mil non associé aux touffes de *Guiera*

senegalensis (Témoin) croit moins vite que celui situé dans les environs immédiats de

celles-ci. Par ailleurs, les plants de mil se trouvant dans les directions Est et Nord se développent mieux que les autres. Dans le même terroir, un développement similaire du mil chez *Guiera senegalensis* adulte de plus de 7 ans a été mis en évidence [17]. Cette variation de croissance du mil en présence et selon la direction par rapport à la touffe de *Guiera senegalensis* pourrait être expliquée notamment par la richesse

du sol à côté de *Guiera senegalensis* particulièrement à l'Est de la touffe.

2.2.3. Rendements en grains et en pailles du mil

Les variations de production de grains et de pailles du mil dans la zone d'influence du *Guiera senegalensis* et dans la zone témoin sont illustrées par la figure 6.

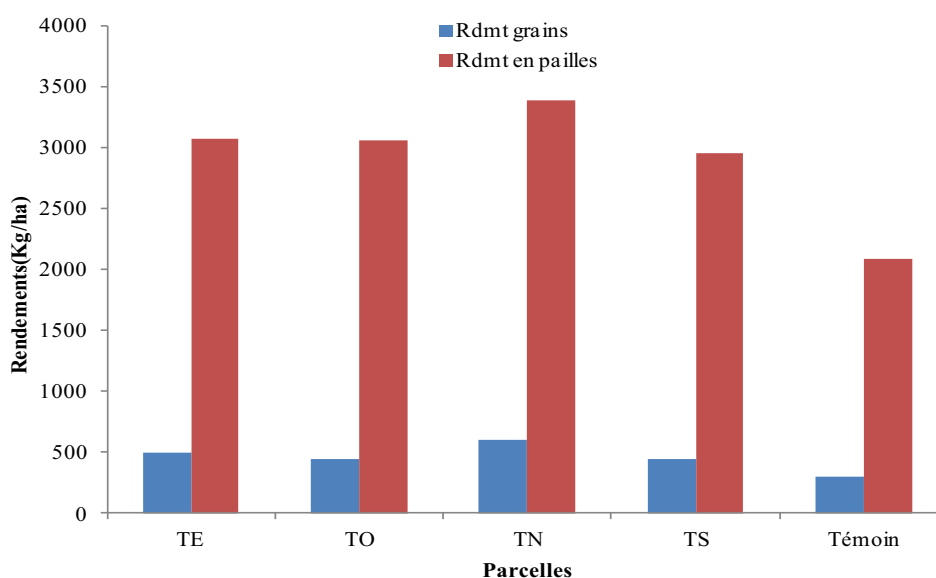


Figure 6: Rendements en grains et en pailles de mil selon les directions

Il ressort de cette figure qu'en présence de la touffe de *Guiera senegalensis*, le rendement en grains varie de 444 kg/ha à 600kg/ha et celui de la paille de 3000 kg/ha à 3380 kg/ha alors qu'en absence de la touffe de *Guiera senegalensis*, les rendements en grains et en pailles sont respectivement de 300kg/ha et 2680kg/ha. On observe que les côtés Est et Nord

présentent des rendements supérieurs à ceux des autres. Sous la touffe, le rendement en grains est environ 2 fois plus important que dans la parcelle non couverte de *Guiera senegalensis*. Sous *Guiera senegalensis* âgé de plus de 7 ans, a obtenu à ses environs des rendements en grains (253,33 kg/ha) et en paille (440 kg/ha) de mil supérieurs au témoin ont été

obtenus (160 et 333,33 kg/ha) mais très nettement inférieurs à nos résultats[19]. Cela démontre que l'arbuste *Guiera senegalensis* influence mieux la production des cultures que *Guiera senegalensis* adulte qui est d'ailleurs moins apprécié par les paysans de Guidan Bakoye du fait qu'il tombe facilement lors des grands vents.

La variation de ces rendements en grains et en pailles pourrait s'expliquer par l'amélioration du taux de matière organique notée au pied de *Guiera senegalensis* comme l'ont révélé des travaux [18 ; 19] sur l'effet de la touffe de *Guiera senegalensis* sur la fertilité des sols. Ce résultat confirme le rôle donné à *Guiera senegalensis* de favoriser un bon développement des cultures dans ses environs immédiats.

Conclusion

Cette étude sur l'influence des touffes de *Guiera senegalensis* sur la production du mil, a permis d'abord de révéler que les racines du mil développé sous *Guiera senegalensis* sont plus grosses que celles du mil seul dont les racines sont verticales et très fines. Les racines du mil associé à *Guiera senegalensis* semblent prospecter la rhizosphère de ce dernier. Les résultats obtenus montrent aussi une augmentation des rendements en grains et en pailles du mil sous influence de *Guiera senegalensis*.

En effet, en présence de la touffe de *Guiera senegalensis*, les rendements en grains et en pailles varient respectivement de 444 kg/ha à 600kg/ha et de 3000 kg/ha à 3380 kg/ha alors que ceux du témoin sont de 300kg/ha et 2680kg/ha. Une dominance des côtés Est et Nord est en plus constatée. Cette influence des touffes de *Guiera senegalensis* sur le développement racinaire, la croissance et le rendement en grains et en pailles du mil, serait liée à l'accumulation des divers substrats organiques interceptés par les touffes, qui en se décomposant, enrichissent le sol en éléments minéraux dont le mil a besoin.

Références bibliographiques

- [1] **Strebelle J. et Boubacar B. 2011** : Sécurité alimentaire et organisations intermédiaires : évaluation et identification des besoins de renforcement des capacités des organisations paysannes dans six pays de l'UEMOA et de la CEDEAO. Participation des organisations paysannes et leurs faîtières à la sécurité alimentaire et aux flux commerciaux dans les marchés des produits de base. *Rapport pays : Niger. Projet WAF/6349. Collectif Stratégies Alimentaires, Bruxelles – Belgique* ; 64P.
- [2]. **Larwanou M., Saadou M., Hamadou S. 2006** : Les arbres dans les systèmes agraires en zone sahélienne du Niger: mode de gestion, atouts et contraintes.

Tropicultura ; 24 (1): 14–18.

[3]. **Bationo B.A., Kalinganiré A. et Bayala J. 2012** : Potentialités des ligneux dans la pratique de l'agriculture de conservation dans les zones arides et semi arides de l'Afrique de l'Ouest : Aperçu de quelques systèmes candidats. *ICRAF Technical Manual no. 17 Nairobi : World Agroforestry Centre* ; 32 p.

[4]. **Hamissou A. 2005** : Etude de faisabilité technique, économique et organisationnelle d'un marché à bois issu de la RN dans la grappe de Dan Saga. *Mémoire CRESA, Faculté d'Agronomie / Université Abdou Moumouni de Niamey* ; 71 p.

[5]. **Mai Moussa K. A. 1996** : Environnement de *Faidherbia albida* Del; caractérisation, exploitation et perceptives d'optimisation dans les zones soudano-sahélienne de l'Afrique de l'Ouest. *Thèse de doctorat, Université de Cocody/Cote d'Ivoire* ; 137 p.

[6]. **Maï Moussa K.A, Williams J.H. & Odongo J.C.W. 1997** : Diversification des cultures sous *Faidherbia albida* en milieu paysan dans la zone semi-aride de l'Afrique de l'ouest. In: G. Renard, A. Neef, K. Beckert and M. von Oppen (eds.): Soil fertility management in west African land use systems. *Proceedings of the regional*

workshop. Margraf verlag. Niamey, Niger 4-9 March 1997; 299-303.

[7]. **Moussa H., 1997** : Germination du palmier doum (*Hyphaene thebaica* Mart.) et analyse de son interaction avec le mil (*Pennisetum glaucum* L,R,Br.) en zone semi-aride du Niger, *Thèse de doctorat Université Laval, Canada* ; 178 p.

[8] **Dan Lamso N., Guero Y., Tankari Dan-Badjo A., Rabah L., Andre B.B., Patrice D., Tidjani A.D., Ado M.N., Ambouta Jean M. K. 2015** : Variations texturales et chimiques autour des touffes d'*Hyphaene thebaica* (mart) des sols dans la region de Maradi (Niger). *Algerian journal of arid environment* ; 5 (1) : 40-55.

[9]. **Kadadé A. 1999** : Système de production et gestion de la fertilité des sols dans la rôneraie de Gaya : cas de terroir de Bana. *Mémoire de fin d'étude, CRESA – Niamey* ; 68 p.

[10]. **Abdou M.M., Alzouma Mayaki Z., Kadri A., Ambouta J.M.K. et Dan Lamso N. 2013** : Effet de l'arbre *Acacia senegal* sur la fertilité des sols de gommaraies du Niger. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* ;7(6) : 2328 – 2337.

[11]. **Ambouta J. M. K., Issaka A. et Issa S., 1998** : Gestion de la fertilité des sols et évolution des sols de Gakudi (Maradi, Niger). *Cahiers Agricultures*, 7: 395-400.

- [12]. **Arbonnier M. 2009** : Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. 3^{ème} Ed. Versailles, *QUAE* ; 572 p.
- [13]. **Malgras D. 1992** : Arbres et arbustes guérisseurs des savanes maliennes. *ACCT/KARTHALA* ;476p.
- [14]. **Von M. H.J. 1983** : Arbres et arbustes du sahel : leurs caractéristiques et utilisations. *Rapport G.T.Z* ; 531p.
- [15]. **Thiombiano A., Schmidt M., Kreft H., Guinko S. 2006** : Influence du gradient climatique sur la distribution des espèces de Combretaceae au Burkina Faso (Afrique de l'Ouest). *Candollea* ; 61 : 189-213.
- [16]. **Bationo B.A. 1994** : Etude des potentialités agroforestières, de la multiplication et des usages de *Guiera senegalensis* J.F.GMEL. *Mémoire de fin d'études, Institut de Développement Rural / Université de Ouagadougou* ; 73 p.
- [17]. **Abdou K. 2007** : Impact de la Régénération Naturelle Assistée (RNA) sur la fertilité du sol : cas du terroir de Guidan Bakoye (département d'Aguié région de Maradi). *Mémoire de fin d'étude d'ITA, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)* ; 38p.
- [18]. **Wezel A., Rajot- J.L., et Herbrig C. 2000** : Influence of shrubs on soil characteristics and their function in Sahelian agro-ecosystems in semi-arid Niger. *Journ. Arid Environ*; 44 : 383–398.
- [19]. **Dossa E.L., Khouma M., Diedhiou I., Sene M., Kizito F., Badiane A.N., Samba S.A.N., Dick R.P. 2009** : Carbon, Nitrogen and phosphorus mineralization potential of semi-arid Sahelian soils amended with native shrub residues. *Geoderma*; 148: 251-260.