



**Original Paper**

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

## Caractérisation du sol du site dégradé de Sakey koira Tegui au Niger pour un meilleur reboisement avec *Acacia senegal*

Djabri HASSIMIOU HALIDOU<sup>1</sup>, Maman Manssour ABDOU<sup>1</sup> et  
Zoubeïrou ALZOUMA MAYAKI<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Faculté des Sciences Agronomiques, Département Production Durable des Cultures, Université Boubacar Bâ de Tillabéri, BP: 175 Tillabéri, Niger.

<sup>2</sup>Faculté des Sciences et Techniques, Département de Biologie, Université Abdou Moumouni de Niamey, BP: 10662 Niamey, Niger.

\*Auteur correspondant, E-mail: [alzoumazoub@yahoo.fr](mailto:alzoumazoub@yahoo.fr)

### RESUME

La dégradation des sols résultants des facteurs climatiques et anthropiques constitue l'un des problèmes majeurs de l'agriculture au Niger. En réponse à ce phénomène, les agro-écosystèmes s'adaptent à travers la mise en œuvre des techniques de gestion intégrée des eaux et des sols dont notamment le reboisement des terres dégradées. C'est ainsi que cette étude a été menée avec pour objectif de caractériser le sol dégradé du site de Sakey koira Tegui en vue d'un meilleur reboisement avec *Acacia senegal*. A cet effet, des profils pédologiques ont été ouverts et décrits suivant la topo-séquence du site. Des échantillons de sol ont été prélevés au niveau de chaque profil et analysés au laboratoire. Les résultats ont montré que la texture de sols est de type sableuse (72,32%) et limoneuse (45%). Quant aux caractéristiques chimiques des sols, le pH est acide variant de 5,1 à 5,53 sur l'ensemble des horizons avec une conductivité électrique de l'ordre de 13, 00 à 33, 00  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Ces résultats montrent que ce sol de faible fertilité chimique, avec une prédominance sableuse pourrait être récupéré et reboisé avec *Acacia senegal*, sol de prédilection de cette espèce.

© 2020 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés :** caractéristiques chimiques, textures, terres dégradées, *Acacia senegal*, Niger.

### Soil characterization of the degraded site of Sakey koira Tegui in Niger for better reforestation with *Acacia senegal*

#### ABSTRACT

Soil degradation resulting from climatic and anthropogenic factors is one of the major problems of agriculture in Niger. In response to this phenomenon, agro-ecosystems are adapting through the implementation of integrated water and soil management techniques, including reforestation of degraded land. Thus, this study was conducted with the objective of characterizing the degraded soil of the Sakey koira Tegui site for better reforestation with *Acacia senegal*. To this end, soil profiles were opened and described according to the topo-sequence of the site. Soil samples were taken from each profile and analysed in the laboratory. The results showed that the soil texture is sandy (72.32%) and silty (45%). As for the chemical characteristics of the soils, the pH is acidic ranging from 5.1 to 5.53 over all horizons with an electrical conductivity of 13.00 to

33.00  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . These results show that this soil of low chemical fertility, with a sandy predominance, could be recovered and reforested with *Acacia senegal*, the soil of predilection of this species.

© 2020 International Formulae Group. All rights reserved.

**Keywords:** Chemical characteristics, textures, degraded soils, *Acacia senegal*, Niger.

## INTRODUCTION

Au Niger, une grande partie du système productif est occupée par des terres dégradées ou dominées par des glacis et des curasses latéritiques (Ichaou, 2005). En effet, la forte pression sur les terres cultivables et les aléas climatiques ont depuis quelques décennies contribuées à affaiblir la capacité productive des terres les rendant de plus en plus pauvres (Gray et al., 2016, Saïdou et al., 2009). Ceci constitue une menace pour la conservation des ressources naturelles et pour la sécurité alimentaire des populations (Abdou, 2015). Cette dégradation affecte les écosystèmes avec pour conséquences des baisses de rendement de surfaces cultivables et des formations forestières en produits forestiers ligneux et non ligneux (Ichaou, 2005). Face à cette situation, la restauration des terres, la préservation de l'environnement et la gestion durable des ressources naturelles ont été alors retenues comme priorités nationales de développement au Niger (FAO, 2003). C'est ainsi que, ces programmes de restauration des écosystèmes dégradés ont été mis en œuvre à travers des techniques de récupération des terres. Ces techniques permettent de restaurer la fertilité des sols dégradés (Larwanou et al., 2006).

Sur ces terres arides et semi arides, *Acacia 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 agroécosystèmes dégradés et vulnérables (Sprent et al., 2010). En effet, *A. senegal* est une espèce d'importance majeure dans la zone sahélienne en ce sens qu'elle s'adapte parfaitement aux conditions pédoclimatiques de la zone et possède un grand potentiel d'augmenter et de diversifier la production agricole (Sprent et al., 2010). Cette espèce est

particulièrement intéressante car elle est capable de survivre à des sécheresses sévères et peut produire des racines pivotantes qui peuvent exploiter l'eau et les nutriments à des profondeurs pouvant aller jusqu'à 30 m tout en n'exerçant aucune compétition avec les cultures (Assoumane, 2011). Du fait de son excellente adaptation aux conditions arides, elle est l'une des espèces les plus utilisées dans les programmes de reboisement en zones sèches (Soloviev et al., 2009). D'où l'importance de cette étude portant sur la caractérisation du sol dégradé de Sakey Koira Tegui avec pour objectif sa restauration pour un meilleur reboisement avec *A. senegal*.

## MATERIEL ET METHODES

### Présentation de la zone d'étude

Avec une superficie de 51,63 ha, le site de Sakey Koira Tegui se situe entre la latitude 13°17'09,8'' Nord et la longitude 2°27'4,7'' Est (Figure 1). Le sol de ce site est dégradé et imperméable servant d'impluvium aux eaux de ruissellement qui quittent le plateau pour inonder les champs et finissent par se déverser dans le bas fond. La Figure 1 présente localisation géographique de la zone d'étude.

### Prélèvement des échantillons des sols

Deux (2) profils pédologiques ont été ouverts et décrits suivant la topo-séquence du terrain. Après description complète de chaque profil, des échantillons de sol ont été prélevés au niveau des différents horizons de chaque profil. Au total, seize (16) échantillons de sols ont été prélevés sur l'ensemble des profils pédologiques.

### Méthodes d'analyses des échantillons de sols

Les échantillons de sols collectés ont été analysés au laboratoire de Sciences du sol

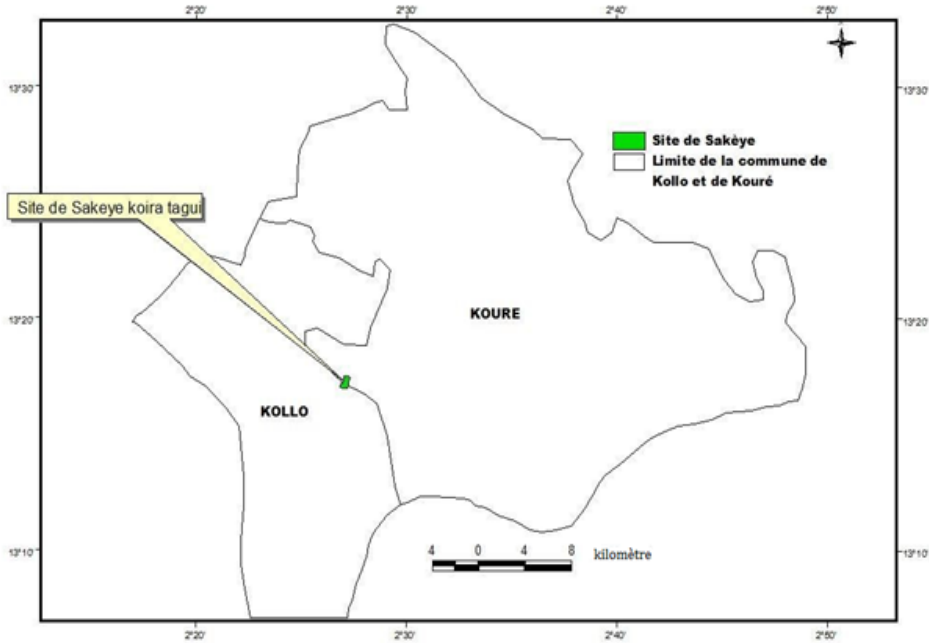


Figure 1 : Localisation géographique de la zone d'étude.

de la Faculté d'Agronomie de l'Université de Niamey suivant les méthodes standards (Mathieu et Pieltain, 2003). Les paramètres physico-chimiques retenus pour caractériser le sol sont : la granulométrie par la méthode de pipette Robinson ; le pH par dosage des ions hydrogènes ; la capacité d'échange cationique (CEC) et la somme des bases échangeables (S) par la méthode argent thio urée ; l'azote total par la méthode de Kjeldahl ; le carbone organique par la méthode Walkley & Black ; le phosphore assimilable et total (P) par la méthode Bray1 et la conductivité électrique par la méthode de conductimétrie.

#### Analyse statistique

Les données collectées ont été traitées à l'aide du tableur Excel 2016.

## RESULTATS

### Caractéristiques des sols du site d'étude

#### Caractéristiques morphologiques du profil N°1 (SKT1)

Les Figures 2 et 3 montrent l'environnement et les principales propriétés morphologiques du profil SKT1.

Le sol du site est dans son ensemble couvert d'une végétation arboro-arbustive et herbacée relativement dense. Les signes d'érosion sont peu marqués. C'est un sol massif, moyennement poreux et consistant à l'état sec ne montrant aucun signe d'hydromorphie sur ses horizons qui sont colonisés par un enracinement dense. Les caractéristiques morphologiques du profil N° 1 ouvert sur le site sont entre autres :

De 0-8 cm : horizon de couleur jaune rougeâtre (5YR, 5/6) à sec, texture sablo-limoneux à structure massive, très poreux à aspect tubulaire, consistance friable à sec, présentant de fines racines et des chevelures racinaires à la base de l'horizon, nombreux gravier ferrugineux. Cet horizon présente également quelques galeries de termites et des racines mortes avec une transition nette et irrégulière.

De 8-19 cm : horizon de couleur jaune à rouge (5YR, 4/6) à sec, texture limon sableux, structure graveleuse, assez poreux et peu résistant, présence de racines moyennes verticales et obliques, nombreux graviers

ferrugineux, alvéoles colmatées. La transition est progressive.

De 19-50 cm et plus : horizon de couleur rouge jaunâtre (5YR, 6/6) à sec, texture sable limoneux, structure graveleuse-massive, poreux, consistance peu résistant, horizon moyennement organique, avec des petites et moyennes chevelures racinaires qui se raréfient à la base, très nombreux graviers ferrugineux. La prédominance de la couleur rouge jaunâtre est due à la présence des matériaux ferrugineux sur ce site.

#### **Caractéristiques physico-chimiques du profil SKT1**

Les résultats des analyses physico-chimiques du profil SKT1 sont consignés dans les Tableaux 1 et 2 ci-dessous.

Ces résultats montrent une dominance des sables moyens et fins sur les trois horizons de SKT1. En effet, ces deux textures varient respectivement dans les proportions de 21,37% à 29,19% et de 28,45% à 33,65%. Quant aux fractions restantes, elles sont moyennement faibles sur les différents horizons à l'exception des argiles et des sables grossiers qui sont présents dans des proportions faibles, variant ainsi de 5,45% à 12,04% et de 1,75% à 2,25% respectivement pour l'argile et le sable grossier. Ces sols présentent majoritairement de fortes proportions en sable et en limon. Par conséquent, ils ont une texture sablo-limoneux à dominance sableuse (72,32%). En ce qui concerne les caractéristiques chimiques, les valeurs de pH obtenues sont acides et varient entre 5,0 et 5,4. La valeur du pH la plus élevée (5,4) a été enregistrée au niveau du troisième horizon du profil SKT1. Ces trois horizons présentent une teneur en carbone organique et en azote relativement faible augmentant du haut vers la base du profil SKT1 pour ce qui est de la teneur en carbone. Ces proportions varient respectivement de 0,38% à 0,45% pour le carbone, quant à la teneur en azote, elle reste la même (0,04%) sur les trois horizons. Ces sols sont moyennement pauvres en matière organique car leur taux de carbone organique est inférieur à 3% et le rapport C/N très bas (9,31 à 9,42%). Les valeurs de la

capacité d'échange cationique restent plus ou moins constante (11,25), ce qui justifie la faible teneur en argile de ces sols. Quant à la conductivité électrique, elle a été plus importante au niveau du premier horizon moins profond (0-8 cm) et varie de 14,00  $\mu\text{s/cm}$  à 130,00  $\mu\text{s/cm}$ .

#### **Caractérisation morphologique du profil N° 2 (SKT2)**

Les Figures 4 et 5 illustrent l'environnement du profil SKT2 et ses principales caractéristiques morphologiques.

Cette partie du site reflète l'aspect d'une brousse tigrée avec une alternance de bandes végétalisées et d'une bande nue servant d'impluvium à l'écoulement des eaux vers la bande végétalisée où elles seront captées et finissent par s'infiltrer dans le sol. Cet aspect de brousse tigrée s'observe mieux en altitude. L'environnement du profil se caractérise par la présence de formations mixtes de combrétacées notamment *Combretum micrantum* et *Guera senegalensis* avec un tapis herbacé fortement représenté. Les traces d'érosion sont faiblement présentes en raison sans doute de cette alternance de bande nue et végétalisée. Les caractéristiques morphologiques de différents horizons du profil se présentent comme suit :

0 - 12 cm : horizon de couleur jaune rougeâtre (5YR, 5/6) de texture sablo-limoneux à structure massive et très poreux, une consistance faible à sec présentant de nombreuses chevelures et fines racines en direction horizontale et verticale, de nombreux graviers enroulés et de petite taille, des galeries de fourmi avec une transition nette et irrégulière.

12 - 28 cm : horizon brun jaunâtre (5YR, 4/4) de texture limono-sableux, à structure massive, assez poreux et peu résistant. On note la présence de nombreuses chevelures racinaires et des racines moyennes dirigées horizontalement, de nombreux graviers ferrugineux et la présence de quelques galeries de fourmi ainsi que des racines mortes.

28 - 50 cm et plus : horizon de couleur jaune rougeâtre (5YR, 5/8), de texture

limoneuse à structure graveleuse et moyennement poreux avec une consistance résistante au touché. On constate la présence de très nombreuses grosses, moyennes, petites et chevelures racinaires orientées dans les sens horizontal et oblique et une activité biologique marquée par la présence de galeries non colmatées et des racines mortes.

**Caractéristiques physico-chimiques du profil N° 2 (SKT2)**

Les Tableaux 3 et 4 ci-dessous, présentent les résultats des analyses physico-chimiques du profil SKT2.

Les résultats des analyses physiques de SKT2 montrent que ce sol est de texture sableuse avec une dominance des sables moyens (25,75% et 34,36% respectivement pour les deux premiers horizons) et fins (19,48% à 37,45% respectivement pour les deux premiers horizons) sur l'ensemble des horizons, à l'exception du troisième horizon. Quant aux fractions de limon (fin et grossier), elles ont été moyennes avec des proportions variant de 8,84% à 21,14% pour le limon fin et de 14,85% à 22,75% pour le limon grossier. Cependant, les fractions de sable grossier et

d'argile étaient faiblement présentes sur l'ensemble des horizons du profil, variant de 1,85% à 2,83% pour le sable grossier et de 2,65% à 8,05% pour les argiles. Pour ce qui est des propriétés chimiques, les résultats montrent un pH acide sur l'ensemble des horizons et qui varie de 5,45 à 5,53. Ainsi, le pH le plus élevé a été enregistré au niveau de l'horizon de surface avec une valeur de 5,53. Ces résultats montrent également une teneur faible de ces sols en carbone organique et en azote et qui diminue du haut vers la base du profil. Ces valeurs varient de 0,42% à 0,36% pour le carbone organique et de 0,05% à 0,04% pour l'azote total. Avec une teneur en carbone inférieure à 3%, ces sols sont donc pauvres en matière organique et présentent un rapport C/N très bas (9,00% à 9,13%). Les valeurs de la capacité d'échange cationique varient faiblement de 12,5 méq/100 g à 13,00 méq/100 g de sol d'où une teneur faible en argile. La conductivité est plus importante au niveau du troisième horizon et varie de 8,00  $\mu\text{s}/\text{cm}$  à 13,00  $\mu\text{s}/\text{cm}$  du haut vers la base du profil.



**Figure 2 :** Environnement de la fosse pédologique **Figure 3 :** Profil type de sols

**Tableau 1:** Caractéristiques physiques de SKT1.

Caractéristiques physiques des sols							
profil	Profondeur Cm	Argiles %	Limons fin %	Limons grossier %	Sables fin %	Sables moyen %	Sables grossier %
SKT1	0-8	5,45	13,61	16,35	29,19	33,65	1,75
	8-19	7,65	18,84	24,45	22,45	24,36	2,25
	19-50 <sup>+</sup>	12,04	15,25	21,14	21,37	28,45	1,75

**Tableau 2 :** caractéristiques chimiques de SKT1.

profil	Prof	pH eau 1/2,5	CE 1/5 µs/cm	Carbone %	Azote %	C/N %	PT (ppm)	P ass	Ca <sup>++</sup> Mg <sup>++</sup> K <sup>+</sup> Na <sup>+</sup> még/100g				Somme	CEC még/100g	S/T
									Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>			
SKT1	0-8	5,	130,0	0,3	0,04	9,3	12,7	7,	6,4	3,	0,0	0,	9,85	11,25	0,88
	8-19	0		8		6	4	33	5	35	3	02			
	19-50 <sup>+</sup>	5,	25,00	0,4	0,04	9,4	11,0	7,	6,8	3,	0,0	0,	10,5	11,25	0,94
		3		2		2	9	28	5	5	3	20	8		
		5,	14,00	0,4	0,04	9,3	10,5	7,	6,5	3,	0,0	0,	9,90	11,00	0,90
4		5		1	9	63	5	3	3	02					

CE= Conductivité Electrique, C/N= rapport Carbone –Azote, PT= Phosphore total, S= somme des bases, CEC= Capacité d’Echange Cationique, S=Somme des bases échangeables.



**Figure 4 :** Environnement du profil.



**Figure 5 :** Profil type de sols.

**Tableau 3 :** Caractéristiques physiques de SKT2.

Profil	Profondeur Cm	Argiles %	Limons fin %	Limons grosier %	Sables fin %	Sables moyen %	Sables grosier %
SKT2	0-12	2,65	8,84	14,85	37,45	34,36	1,85
	12-28	3,25	15,24	20,14	30,37	28,45	2,55
	28-50 <sup>+</sup>	8,05	21,14	22,75	19,48	25,75	2,83

**Tableau 4 :** Caracteristiques chimiques de SKT2.

profil	Prof	pH eau 1/2,5	CE 1/5 µs/cm	Carbone %	Azote %	C/N %	PT (ppm)	P ass ppm	Ca <sup>++</sup> Mg <sup>++</sup> K <sup>+</sup> Na <sup>+</sup> még/100g				Somme	CEC még/100g	S/T
									Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>			
SKT2	0-12	5,	8,00	0,42	0,0	9,13	14,2	9,1	7,95	4,	0,	0,	12,5	13,00	0,96
	12-28	53			5		5			55	03	01	4		
	28-	5,	9,00	0,4	0,0	9,10	15,7	9,45	7,20	3,	0,	0,	11,1	12,50	0,89
	50 <sup>+</sup>	45			4		4			7	03	21	4		
	5,	13,00	0,36	0,0	9,00	12,5	9,35	7,60	3,	0,	0,	11,7	12,50	0,94	
	45				4		0			85	03	02	0		

**DISCUSSION**

Les résultats obtenus à travers cette étude font ressortir une dominance des éléments grossiers à tendance sableuse dans la granulométrie de sols et une faible teneur en carbone organique et en azote total. En effet, ce sont des sables à dominance grossière, quartzeux avec quelques éléments de feldspath, pauvres en matière organique et en azote (Koulibaly et al., 2014). Les horizons de surface présentent un pH acide variant de 5,40 à 5,53. Ces valeurs sont proches du seuil (5,5) en dessous duquel la présence de l’aluminium échangeable pourrait être préjudiciable pour les végétaux en raison de sa toxicité. Ces résultats corroborent ceux de Yacouba et al. (2018) ayant obtenu des valeurs d’acidité qui dépassent 5,5. La texture sableuse de ces sols et leur pauvreté en éléments nutritifs cadrent parfaitement avec les conditions de développement de l’*Acacia senegal*. En effet, *A. senegal* est une légumineuse rustique qui s’adapte mieux aux conditions pédoclimatiques arides (texture sableuse, pauvre en matière organique, pH acide) et permet d’améliorer les propriétés physiques des terres dégradées et pauvres en éléments

nutritifs (Abdou et al., 2013 ; Isaac et al., 2011). Le faible taux de carbone constaté dans la composition chimique de ces sols résulte de l’absence de couverture végétale assez abondante pour favoriser le dépôt continu de la matière organique à la surface du sol. Cependant, un reboisement de ces sols avec *A. senegal* pourrait contribuer à une amélioration significative de leurs propriétés physico-chimiques. Pour ce qui est de la teneur en azote organique, elle est inférieure ou égale à 0,05% sur l’ensemble des horizons traduisant ainsi, un faible taux d’azote et de carbone dans ces sols. Des résultats similaires ont été obtenus par Abdou et al. (2013) et Yacouba et al. (2018). Néanmoins, le taux le plus élevé (0,05%) obtenu au niveau du premier horizon de SKT2 pourrait provenir de la litière produite par les feuilles mortes, les branches et les gousses d’arbres qui tombent à la surface du sol. Par ailleurs *A. senegal* en plus de son adaptabilité aux sols pauvres et sableux, dispose en tant que légumineuse de la capacité de fixer l’azote atmosphérique et de le stocker au niveau du sol à travers ses nodules. Aussi, le reboisement des terres dégradées avec l’espèce *A. senegal* pourrait

être un facteur d'enrichissement de ces sols en azote, à travers notamment la décomposition de la litière produite par les herbacés qui poussent sous le houppier de l'*A. senegal* (Yameogo et al., 2019). Le phosphore assimilable présente quant à lui des proportions faibles sur l'ensemble des horizons avec une valeur moyenne de 7,35 ppm. Ceci montre une faible minéralisation de la matière organique qui se trouve déjà en faible taux au niveau de ces sols. Cette faible teneur en phosphore de ces sols pourrait être corrigée par un reboisement du site avec *A. senegal* qui permettrait une meilleure valorisation de la symbiose racinaire avec les champignons mycorrhiziens et stabiliser le sol.

Cela dans l'optique de garantir une bonne infiltration des eaux de pluies et un taux élevé d'humidité dans ces sols. Par ailleurs, le taux d'humidité du sol permet une bonne diffusion du phosphore assimilable au niveau de la zone racinaire des plantes et facilite son absorption (Duan et al., 2017). Concernant la capacité d'échange cationique CEC, sa faible variation d'un horizon à un autre pourrait être due à l'activité biologique plus ou moins faible sur l'ensemble des horizons. En effet, la décomposition de la matière organique produite par les végétaux à la surface du sol ou par la microflore conditionne une bonne capacité d'échange cationique à ce sol (Joyeux et Gehin, 2016). Par ailleurs, la sédimentation des matériaux d'origines diverses et l'addition continue de la matière organique des arbres comme *A. senegal* permettent d'améliorer les propriétés physico-chimiques des sols pauvres en éléments nutritifs et de texture sableuse (Daldoum et Nimer, 2002). D'où l'impact positif d'un reboisement à base d'*A. senegal* sur le sol (Abdou et al., 2013) à travers l'amélioration de la capacité d'échange cationique permettant une bonne décomposition de la litière et son incorporation dans le processus de la formation de l'humus.

### Conclusion

Cette étude a permis de mettre en évidence les caractéristiques physico-

chimiques et morphologiques du site récupéré de Sakey Koira Tegui. Ces sols sont propices à un reboisement à base d'*Acacia senegal* avec leurs faibles teneurs en carbone organique, un pH globalement acide sur l'ensemble des échantillons, et une texture sableuse constituant un facteur déterminant pour la prolifération de l'espèce *A. senegal*. Il ressort aussi que le pH acide, la conductivité électrique, la dominance des fractions sableuses et limoneuses dans la granulométrie de ces sols sont des facteurs qui conditionnent le choix de l'*A. senegal* pour le reboisement des terres dégradées pour une optimisation de services écosystémiques. Par conséquent les programmes de reboisement doivent impérativement prendre en compte les potentiels agronomiques et écologiques de l'espèce *A. senegal* pour mieux restaurer la fertilité des terres dégradées.

### CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts pour cet article.

### CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

HHD a participé à la collecte des données, le traitement, l'interprétation ainsi qu'à la rédaction de cet article. AMM a contribué à l'interprétation des données et à la rédaction de cet article. AMZ a participé à l'élaboration du protocole, l'interprétation des données et à la rédaction de cet article.

### RÉFÉRENCES

- Abdou MM. 2015. *Acacia senegal* (L.) Willd.: Potentialités symbiotiques, effet sur la fertilité des sols et productivité des cultures associées dans les différents bassins gommiers au Niger. Thèse de doctorat, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger, 142p.
- Abdou MM., Alzouma MZ, Kadri A, Ambouta JMK, Dan Lamso N. 2013. Effet de l'arbre *Acacia senegal* sur la fertilité des sols de gommerais au Niger. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7(6): 2328-2337. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i6.13>
- Assoumane AA. 2011. Déterminants de la variation génotypique et phénotypique



- d'*Acacia senegal* (L.) Willd. dans son aire de distribution en Afrique soudano-sahélienne. Thèse de doctorat. Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger, 132P.
- Camille Joyeux et Louise Gehin. 2016. Soil et Fertilité : Analyses des sols de la Ferme biologique du Bec Hellouin. Programme de recherches / 2015-2018 / Institut Sylva, 33p.
- 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. DOI : <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.11.011>
- Duan H, Wang L, Zhang Y, Fu X, Tsang Y, Wu J, Le Y. 2017. Variable decomposition of two plant litters and their effects on the carbon sequestration ability of wetland soil in the Yangtze River. *Geoderma*. DOI: 10.1016/j.geoderma.2017.10.050
- FAO. 2003. Projet d'appui à la sécurité alimentaire, à l'attention de la pauvreté et de la lutte contre la dégradation des sols dans les pays producteurs de gommés. *Document du Projet : Rome*.
- Helen D, Peter V, Erin G, Katie R, Juan-Carlos A, Allen B, Benjamin H. 2016. Climate Benefits, Tenure Costs: The Economic Case for Securing Indigenous Land Rights in the Amazon. *World Resources Institute*, Washington. <http://www.wri.org/>.
- Ichaou A. 2005. Capitalisation des outils techniques et méthodologiques développés par le PAFN pour la mise en gestion des principales formations forestières nigériennes. Projet d'aménagement des forêts naturelles. Ministère de l'hydraulique, de l'environnement et de la lutte contre la désertification du Niger : Niger ; 1-56.
- Isaac ME, Harmand JM, Lesueur D, Lelon J. 2011. Tree age and soil phosphorus conditions influence N<sub>2</sub> fixation rates and soil N dynamics in natural populations of *Acacia senegal*. *Forest Ecology and Management*, **261**(3) : 582-588.
- Koulibaly B, Traoré O, Dakuo D, Lalsaga R, Lompo F, Zombré PN. 2014. Acidification des sols ferrugineux et ferralitiques dans les systèmes de production cotonnière au Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **8**(6) : 2879-2890. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i6.44>
- Larwanou M, Abdoulaye M, Reij C. 2006. Etude de la Régénération Naturelle Assistée dans la Région de Zinder (Niger) une Première Exploration d'un Phénomène Spectaculaire. *United States Agency for International Development, USAID/EGAT*, [https://www.formad-environnement.org/RNA\\_Zinder\\_USAID](https://www.formad-environnement.org/RNA_Zinder_USAID) D, 56 p.
- Mathieu C, Pieltain F. 2003. *Analyse Chimique des Sols*. TEC. & DOC ; 387p.
- Saïdou A, Kossou D, Azontondé A, Hougni DGJM. 2009. Effet de la nature de la jachère sur la colonisation de la culture subséquente par les champignons endomycorhiziens: cas du système „jachère“ manioc sur sols ferrugineux tropicaux du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **3**(3): 587-597. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v3i3.45330>
- Sido Yacouba A, Yadi G, Tchicama MM, Issa NA. 2018. Caractérisation des sols de Guillé Koira et Lassourou dans les communes rurales d'Imanan et Tondikandia au Niger pour une meilleure culture de riz autour des mares. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **12** (6): 2474-2485. DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i6.2>
- Soloviev P, Zerbo GC, Lompo D, Yoda LB, Jacques D, Diallo A. 2009. *Acacia senegal* au Burkina Faso : état de la ressource et potentiel productif. *Bois et Forêts des Tropiques*, **300**(2) : 15-25. DOI: 10.19182/bft2009.300.a20411
- Sprent JI, Odee D, Dokota D. 2010. African legumes: a vital but under-utilized resource. *J. Exp. Bot.*, **66**: 1257-1265.
- YAMEOGO JT, SANON Z, MOUSSA BM, SOMDA I, LYKKE AM, AXELSEN JA. 2019. Physicochemical indicators of land degradation in Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **13**(4): 2421-2432. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i4.43>