

Influence de *Annona senegalensis* Pers. sur les propriétés physico-chimiques des sols dans les agroécosystèmes du centre-sud du Niger

Hassimou Boubacar^{1*}, Laouali Abdou¹

¹. Faculté des sciences agronomiques et écologiques, Université de Diffa, BP : 78

Résumé

La dégradation de la fertilité des sols constitue une contrainte majeure à la productivité des systèmes agricoles sahéliens. Dans ce contexte, la conservation des espèces ligneuses dans les champs peut contribuer au fonctionnement des agroécosystèmes et à la dynamique des sols. Cette étude vise à évaluer l'influence de *Annona senegalensis* Pers. sur certaines propriétés physico-chimiques des sols dans le terroir de Kamé Daoua, département de Kantché, région de Zinder au Niger. Les prélèvements ont été effectués à trois distances de la touffe (0 cm, 1 m et 3 m), selon quatre directions cardinales et deux profondeurs (0–10 et 10–20 cm), pour un total de 96 échantillons. Les analyses ont porté sur la granulométrie, le pH, le carbone organique, l'azote total, le phosphore total et assimilable, la matière organique, les bases échangeables et la capacité d'échange cationique. Les résultats montrent que la distance à la touffe n'a pas d'effet significatif sur les paramètres étudiés. En revanche, des variations significatives sont observées selon les directions pour le limon, le sable, le pH, le carbone organique, le phosphore total et assimilable et la matière organique. La profondeur influence significativement l'azote total et le potassium échangeable. Le pH est significativement plus élevé au sud de la touffe ($6,49 \pm 0,46$) que dans les autres directions. Le carbone organique est plus élevé à l'ouest et au nord, tandis que les teneurs en phosphore total et assimilable sont maximales au sud. La matière organique présente également une variation directionnelle, avec une teneur significativement plus faible au sud. Ces résultats montrent que l'influence de *A. senegalensis* ne se traduit pas par un gradient radial marqué de fertilité, mais par une distribution spatiale hétérogène de certaines propriétés du sol.

Mots-clés : *Annona senegalensis* ; fertilité des sols ; propriétés physico-chimiques ; agroécosystème ; Niger.

Abstract

Soil fertility decline is a major constraint to agricultural productivity in Sahelian environments. In this context, the conservation of woody species in agricultural fields may contribute to agroecosystem functioning and soil dynamics. This study aimed to assess the influence of *Annona senegalensis* Pers. on selected soil physicochemical properties in Kamé Daoua, Kantché Department, Zinder Region, Niger. Soil samples were collected at three distances from the shrub (0 cm, 1 m and 3 m), in four cardinal directions and at two depths (0–10 and 10–20 cm), resulting in 96 samples. Soil analyses included particle-size distribution, pH, organic carbon, total nitrogen, total and available phosphorus, organic matter, exchangeable bases and cation exchange capacity. The results showed that distance from the shrub had no significant effect on the soil parameters investigated. However, significant directional variations were observed for silt, sand, pH, organic carbon, total and available phosphorus, and organic matter. Soil depth significantly affected total nitrogen and exchangeable potassium. Soil pH was significantly higher south of the shrub (6.49 ± 0.46) than in the other directions. Organic carbon was higher in the west and north, whereas total and available phosphorus were highest in the south. Organic matter also varied significantly according to direction, with the lowest value recorded in the south. These findings indicate that the influence of *A. senegalensis* does not result in a marked radial fertility gradient but rather in a spatially heterogeneous distribution of some soil properties.

Keywords: *Annona senegalensis*; soil fertility; physicochemical properties; agroecosystem; Niger.

Date of Submission: 13-08-2026

Date of Acceptance: 26-08-2026

I. Introduction

La dégradation continue de la fertilité des sols constitue l'un des défis environnementaux et agronomiques les plus critiques en Afrique subsaharienne, particulièrement dans les zones sahéliennes où les pressions climatiques et anthropiques réduisent la productivité des terres. La diminution de la matière organique, la perte d'éléments nutritifs essentiels, l'acidification, la compaction et l'érosion hydrique ou éolienne

compromettent la durabilité des systèmes agricoles et, par conséquent, la sécurité alimentaire (Bationo et al., 2018).

Dans un contexte où les intrants externes sont souvent coûteux ou difficiles d'accès pour les producteurs ruraux, l'utilisation d'espèces ligneuses autochtones pour restaurer les sols représente une alternative viable, durable et adaptée aux réalités locales.

Annona senegalensis Pers., espèce arbustive typique des savanes soudano-sahéliennes, suscite un intérêt croissant pour son rôle potentiel dans l'amélioration de la fertilité des sols. Reconnue pour sa résilience remarquable face aux sécheresses prolongées, aux sols pauvres et aux températures élevées, cette espèce est non seulement un élément important de la biodiversité locale, mais également un acteur clé de la régénération des sols dégradés. Ses feuilles, fruits, racines et écorces sont largement utilisés par les communautés rurales à des fins alimentaires, médicinales et artisanales, renforçant son importance socioéconomique (Orwa et al., 2009 ; Kouyaté et al., 2021). Au plan écologique, plusieurs caractéristiques biologiques de *A. senegalensis* contribuent à améliorer la qualité des sols. D'abord, sa production de litière riche en nutriments est une source importante de matière organique. Sa décomposition progressive améliore les propriétés physicochimiques du sol, notamment la stabilité structurale, l'agrégation, la capacité de rétention d'eau, la porosité et l'activité microbienne (Issoufou et al., 2019). Cette matière organique favorise la libération lente et durable de nutriments, permettant ainsi un enrichissement naturel du sol en azote, phosphore, potassium, calcium et magnésium. Ensuite, l'ombrage modéré fourni par *A. senegalensis* contribue à réduire l'évapotranspiration excessive du sol et à maintenir un microclimat favorable à l'activité biologique. Les zones situées sous son houppier présentent fréquemment des taux plus élevés de carbone organique, une humidité plus stable et une densité microbienne plus importante que les zones environnantes dépourvues de végétation (Sanogo et al., 2020). Ces observations montrent que cette espèce joue un rôle clé dans la protection du sol contre les perturbations climatiques extrêmes.

Malgré son importance écologique et socioéconomique, *A. senegalensis* reste encore sous-utilisée dans les programmes de restauration des sols et dans les systèmes agroforestiers au Niger et dans d'autres pays sahéliens. Pourtant, son intégration dans les champs cultivés, les jachères améliorées et les systèmes sylvo-pastoraux pourrait offrir plusieurs avantages : augmentation de la fertilité des sols, réduction de l'érosion, amélioration des rendements agricoles, diversification des sources de revenus et renforcement de la résilience climatique des ménages ruraux.

Cependant, l'influence de cette espèce sur les propriétés physico-chimiques des sols reste insuffisamment documentée dans les agroécosystèmes du Centre-Sud du Niger. La présente étude vise donc à évaluer la variation des propriétés physico-chimiques des sols selon la distance à *A. senegalensis*, la direction et la profondeur, afin de déterminer si la présence de cette espèce est associée à un gradient spatial de fertilité des sols dans le terroir de Kamé Daoua dans le département de Kantché au sud de la région de Zinder.

II. Matériel et méthodes

2.1. Zone d'étude

L'étude a été menée dans le terroir villageois de Kamé Daoua de 13°13'718 de latitude Nord et 008°34'741 de longitude Est dans le département de Kantché situé au sud de la région de Zinder au centre- sud du Niger (Figure 1). Le choix de la zone est fait en fonction du gradient pluviométrique nord-sud et de la densité de la population d'*Annona senegalensis*. Son climat est de type sahélien, semi-aride, avec une saison des pluies et une saison sèche bien marquées.

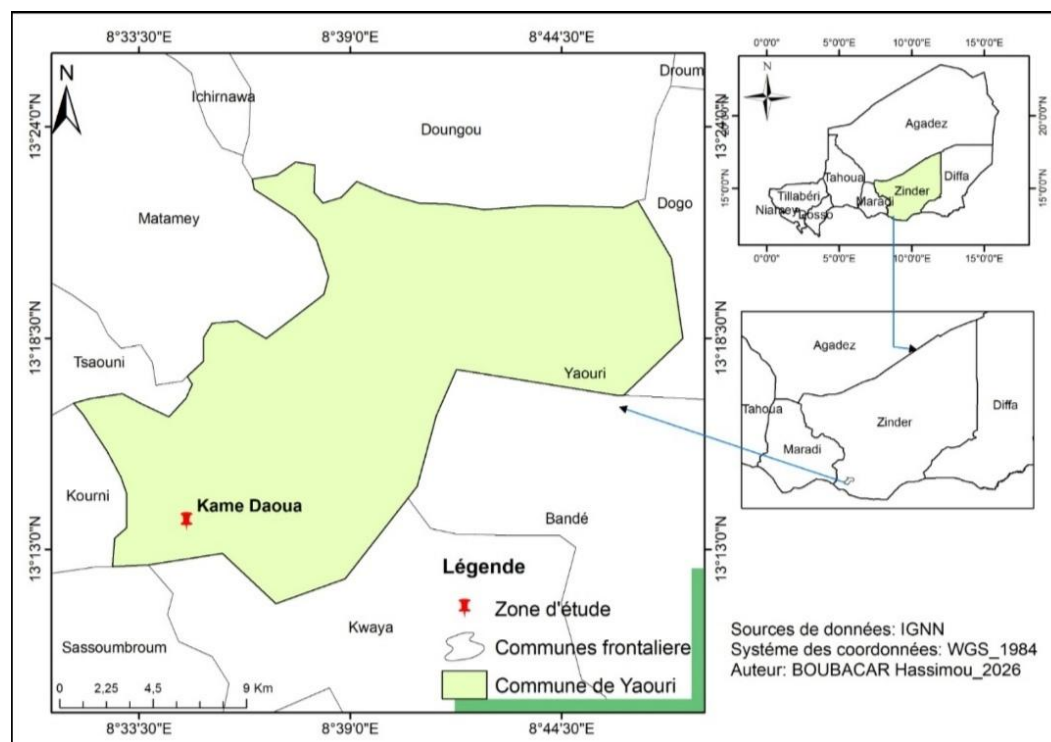


Figure 1. Localisation de la zone de l'étude

2.2. Échantillonnage des sols

La collecte des échantillons de sol a consisté à délimiter la touffe selon les quatre directions cardinales (Est, Ouest, Nord et Sud). Les prélèvements ont ensuite été réalisés latéralement à trois distances : à la limite de la touffe, à 1 m et à 3 m (témoin). A chaque point de prélèvement, deux échantillons ont été collectés aux profondeurs de 0 - 10 cm et de 10 - 20 cm afin d'analyser la variation verticale de la fertilité des sols (Figure 2). Ainsi, 24 échantillons des sols par touffe ont été prélevés et cela au niveau de 4 touffes suffisamment éloignées dans un champ ; soit un total 96 échantillons. Le choix de la touffe s'est porté sur son isolement par rapport à une autre touffe et /ou un autre ligneux.

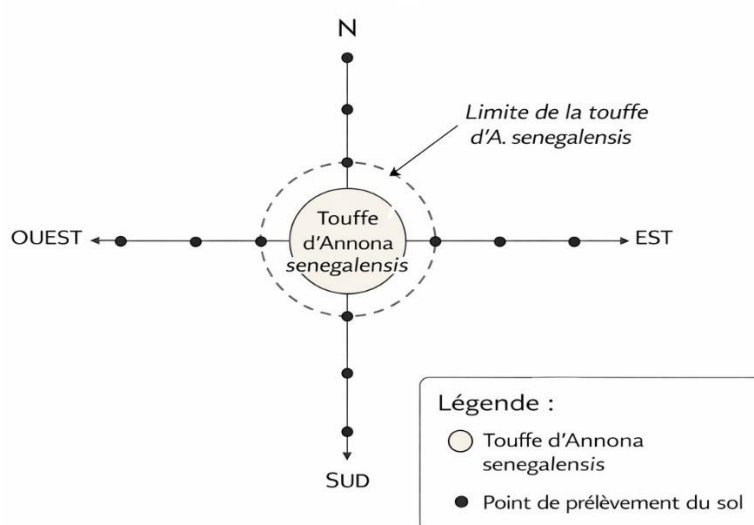


Figure 2: Dispositif de prélèvement autour de la touffe de *Annona senegalensis*

2.3. Analyse physico-chimiques

Les analyses ont porté sur la granulométrie, le pH, le carbone organique, l'azote total, le phosphore total et assimilable, la matière organique, les bases échangeables et la capacité d'échange cationique. Les méthodes analytiques sont celles décrites dans le protocole du laboratoire de l'INRAN. Les méthodes résumées dans le tableau 1 ont été utilisées (Baize, 1988).

Tableau 1 : Synthèse des méthodes analytiques utilisées pour l'évaluation des propriétés physico-chimiques des sols (laboratoire INRAN, Niamey).

Paramètres	Méthodes
pH	pH-mètre avec rapport sol/eau 1/2,5
Granulométrie (6fractions)	Méthode de Bouyoucos
Carbone organique	Méthode Walkley & Black (1934)
Azote total	Kjeldahl
Phosphore	Bray I
CEC et bases échangeables	Méthode d'acétate d'ammonium pH = 7

2.4. Analyse statistique

Les résultats sont exprimés en moyenne $\pm$ écart-type. Les données ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) afin d'évaluer les effets de la distance, de la direction et de la profondeur sur les propriétés physico-chimiques du sol. Les différences entre moyennes sont indiquées par des lettres différentes lorsqu'elles sont statistiquement significatives.

III. Résultats

3.1. Composition granulométrique

Les sols étudiés sont fortement sableux, avec une teneur moyenne en sable supérieure à 88 %. La distance à la touffe et la profondeur n'ont pas entraîné de variation significative des fractions granulométriques. En revanche, des différences significatives ont été observées selon les directions pour le limon et le sable. Le limon est plus élevé au nord ($9,1 \pm 3,8$ %) et plus faible à l'ouest ($5,5 \pm 0,2$ %), tandis que le sable atteint sa valeur maximale au sud ($90,8 \pm 0,5$ %) et sa valeur minimale au nord ($85,6 \pm 3,3$ %) (Tableau 2).

Tableau 2. Variation directionnelle des fractions granulométriques des sols autour de *Annona senegalensis*

Source variance	Les moyennes selon les distances				P- value
	Limite de la touffe (0 cm)	1m de la touffe	3m de la touffe		
Argile	$3,9 \pm 0,7$ a	$4,9 \pm 1,4$ a	$4,7 \pm 1,1$ a		< 0,207
Limon	$6,8 \pm 2,9$ a	$6,6 \pm 1,8$ a	$6,8 \pm 3,4$ a		< 0,983
Sable	$89,2 \pm 3,1$ a	$88,5 \pm 3,0$ a	$88,5 \pm 3,5$ a		< 0,866
	Les moyennes selon les directions				
	Est	Ouest	Nord	Sud	P- value
Argile	$4,9 \pm 1,5$ ab	$3,8 \pm 0,1$ b	$5,3 \pm 1,0$ a	$4,0 \pm 0,8$ b	< 0,053
Limon	$7,2 \pm 2,3$ ab	$5,5 \pm 0,2$ b	$9,1 \pm 3,8$ a	$5,3 \pm 1,1$ b	< 0,034
Sable	$87,9 \pm 3,3$ bc	$90,7 \pm 0,1$ ab	$85,6 \pm 3,3$ c	$90,8 \pm 0,5$ a	< 0,003
	Les moyennes selon les profondeurs				
	0 – 10 cm	10 – 20 cm			P- value
Argile	$4,5 \pm 1,0$ a	$4,5 \pm 1,3$ a			< 0,926
Limon	$6,9 \pm 2,6$ a	$6,6 \pm 2,8$ a			< 0,838
Sable	$88,6 \pm 3,2$ a	$88,8 \pm 3,1$ a			< 0,887

Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes. Les valeurs sont exprimées en moyenne $\pm$ écart-type.

3.2. pH du sol

Le pH ne varie pas significativement selon la distance à la touffe ni selon la profondeur. En revanche, une différence hautement significative est observée selon les directions ($p < 0,001$). Le pH est significativement plus élevé au sud ($6,49 \pm 0,46$) que dans les trois autres directions, dont les valeurs sont comprises entre 5,05 et 5,29 (Tableau 3).

Tableau 3. Variation du pH du sol selon les directions autour de *Annona senegalensis*

Source variance	Les moyennes selon les distances				
	Limite de la touffe (0 cm)	1m de la touffe	3m de la touffe	P-value Anova	
PH	5,63 ± 0,92 a	5,13 ± 0,74 a	5,10 ± 0,50 a	< 0,760	
Les moyennes selon les directions					
	Est	Ouest	Nord	Sud	P- value Anova
PH	5,10 ± 0,17 b	5,29 ± 0,64 b	5,05 ± 0,17 b	6,49 ± 0,46 a	< 0,001
Les moyennes selon les profondeurs					P- value Anova
	0 – 10 cm		10 – 20 cm		
PH	5,66 ± 0,74 a		5,31 ± 0,68 a		< 0,240

3.3. Carbone organique et azote total

Le carbone organique ne varie pas significativement selon la distance ni selon la profondeur. Toutefois, une variation significative est observée selon les directions ($p = 0,019$). Les teneurs les plus élevées sont enregistrées à l'ouest ($0,312 \pm 0,109$ %) et au nord ($0,313 \pm 0,072$ %), tandis que la teneur la plus faible est observée au sud ($0,146 \pm 0,100$ %).

L'azote total ne varie pas significativement selon la distance ni selon la direction. En revanche, une différence significative est observée entre les profondeurs : la teneur est plus élevée à 10–20 cm ($0,0034 \pm 0,0010$ %) qu'à 0–10 cm ($0,0022 \pm 0,0010$ %) ($p = 0,011$) (Tableau 4).

Tableau 4. Variations significatives du carbone organique et de l'azote total

Source variance	Les moyennes selon les distances				P- value Anova
	Limite de la touffe (0 cm)	1m de la touffe	3m de la touffe		
C-Org (%)	0,300 ± 0,129 a	0,232 ± 0,109 a	0,233 ± 0,095 a		< 0,394
Ntotal (%)	0,0039 ± 0,0049 a	0,0030 ± 0,0014 a	0,0032 ± 0,0011 a		< 0,841
Les moyennes selon les directions					
	Est	Ouest	Nord	Sud	P- value Anova
C-Org (%)	0,248 ± 0,091 ab	0,312 ± 0,109 a	0,313 ± 0,072 a	0,146 ± 0,100 b	< 0,019
Ntotal (%)	0,0031 ± 0,0012 a	0,0024 ± 0,0005 a	0,0026 ± 0,0013 a	0,0030 ± 0,0016 a	< 0,728
Les moyennes selon les profondeurs					
	0 – 10 cm		10 – 20 cm		P- value Anova
C-Org (%)	0,293 ± 0,133 a		0,217 ± 0,074 a		< 0,100
Ntotal (%)	0,0022 ± 0,0010 b		0,0034 ± 0,0010 a		< 0,011

ET : écart-type. Les lettres différentes indiquent une différence significative entre moyennes.

3.4. Phosphore total et assimilable

La distance à la touffe et la profondeur n'ont pas d'effet significatif sur le phosphore total ou assimilable. En revanche, les deux formes de phosphore varient significativement selon la direction. Le phosphore total est significativement plus élevé au sud (277 ± 146 ppm) qu'à l'est (125 ± 97 ppm) et à l'ouest (112 ± 56 ppm). Le phosphore assimilable présente la même tendance, avec une valeur maximale au sud ($9,21 \pm 4,86$ ppm) et des valeurs plus faibles à l'est ($4,19 \pm 3,23$ ppm) et à l'ouest ($3,75 \pm 1,86$ ppm) (Tableau 5).

Tableau 5. Variation directionnelle du phosphore total et assimilable

Source variance	Les moyennes selon les distances				
	Limite de la touffe (0 cm)	1m de la touffe	3m de la touffe		P- value Anova
Ptotal (ppm)	183 ± 129 a	139 ± 88 a	207 ± 123 a		< 0,491
Passi (ppm)	6,11 ± 4,30 a	4,62 ± 2,93 a	6,91 ± 4,11 a		< 0,491
Les moyennes selon les directions					
	Est	Ouest	Nord	Sud	P- value Anova
Ptotal (ppm)	125 ± 97 b	112 ± 56 b	191 ± 73 ab	277 ± 146 a	< 0,035
Passi (ppm)	4,19 ± 3,23 b	3,75 ± 1,86 b	6,36 ± 2,42 ab	9,21 ± 4,86 a	< 0,036
Les moyennes selon les profondeurs					
	0 – 10 cm		10 – 20 cm		P- value Anova
Ptotal (ppm)	196 ± 108 a		156 ± 120 a		< 0,402
Passi (ppm)	6,54 ± 3,61 a		5,22 ± 3,99 a		< 0,403

3.5. Matière organique

La matière organique ne varie significativement ni selon la distance ni selon la profondeur. Toutefois, une différence très significative est observée selon la direction ($p = 0,003$). Les teneurs les plus élevées sont enregistrées à l'est ($1,303 \pm 0,714$) et au nord ($1,195 \pm 0,448$), tandis que la plus faible est observée au sud ($0,252 \pm 0,171$) (Tableau 6).

Tableau 6. Variation directionnelle de la matière organique

Source variance	Les moyennes selon les distances				P- value
	Limite de la touffe (0 cm)	1m de la touffe	3m de la touffe		
M.O	$0,743 \pm 0,379$ a	$0,871 \pm 0,765$ a	$1,055 \pm 0,617$ a		$< 0,596$
Les moyennes selon les directions					
	Est	Ouest	Nord	Sud	P- value
M.O	$1,303 \pm 0,714$ a	$0,808 \pm 0,283$ a	$1,195 \pm 0,448$ a	$0,252 \pm 0,171$ b	$< 0,003$
Les moyennes selon les profondeurs					
	0 – 10 cm	10 – 20 cm			P- value
M.O	$0,976 \pm 0,620$ a	$0,804 \pm 0,584$ a			$< 0,493$

3.6. Bases échangeables et capacité d'échange cationique

Les teneurs en calcium, magnésium et sodium ne présentent aucune variation significative selon la distance, la direction ou la profondeur. Le potassium constitue la seule base échangeable présentant une différence significative selon la profondeur : sa teneur est plus élevée dans l'horizon 0–10 cm ($0,041 \pm 0,015$) que dans l'horizon 10–20 cm ($0,028 \pm 0,005$), avec $p < 0,010$.

Source variance	Les moyennes selon les distances				
	Limite de la touffe (0 cm)	1m de la touffe	3m de la touffe		P- value
Ca 2+	$0,460 \pm 0,134$ a	$0,420 \pm 0,170$ a	$0,380 \pm 0,083$ a		$< 0,499$
Mg2+	$0,192 \pm 0,185$ a	$0,192 \pm 0,115$ a	$0,288 \pm 0,283$ a		$< 0,572$
Na+	$0,042 \pm 0,010$ a	$0,037 \pm 0,017$ a	$0,046 \pm 0,005$ a		$< 0,327$
K+	$0,043 \pm 0,015$ a	$0,075 \pm 0,139$ a	$0,033 \pm 0,008$ a		$< 0,558$
Les moyennes selon les directions					
	Est	Ouest	Nord	Sud	P- value
Ca 2+	$0,347 \pm 0,120$ a	$0,480 \pm 0,143$ a	$0,373 \pm 0,083$ a	$0,480 \pm 0,143$ a	$< 0,163$
Mg2+	$0,272 \pm 0,186$ a	$0,208 \pm 0,128$ ab	$0,176 \pm 0,094$ ab	$0,097 \pm 0,002$ b	$< 0,128$
Na+	$0,037 \pm 0,009$ a	$0,044 \pm 0,010$ a	$0,045 \pm 0,012$ a	$0,040 \pm 0,018$ a	$< 0,673$
K+	$0,031 \pm 0,011$ a	$0,037 \pm 0,015$ a	$0,040 \pm 0,010$ a	$0,031 \pm 0,014$ a	$< 0,572$
Les moyennes selon les profondeurs					
	0 – 10 cm	10 – 20 cm			P- value
Ca 2+	$0,440 \pm 0,154$ a	$0,400 \pm 0,108$ a			$< 0,470$
Mg2+	$0,216 \pm 0,154$ a	$0,160 \pm 0,103$ a			$< 0,308$
Na+	$0,038 \pm 0,014$ a	$0,045 \pm 0,010$ a			$< 0,173$
K+	$0,041 \pm 0,015$ a	$0,028 \pm 0,005$ b			$< 0,010$

3.7. Capacité d'échange cationique

La CEC ne présente aucune différence significative selon la distance, la direction ou la profondeur. Les valeurs sont comprises entre 0,69 et 0,85 cmol+/kg selon les directions et entre 0,71 et 0,80 cmol+/kg selon les distances (Tableau 8).

Tableau 8. Seul effet significatif observé pour les bases échangeables

Source variance	Les moyennes selon les distances				
	Limite de la touffe (0 cm)	1m de la touffe	3m de la touffe		P- value
CEC (cmol+/kg)	$0,80 \pm 0,24$ a	$0,74 \pm 0,18$ a	$0,71 \pm 0,08$ a		$< 0,567$
Les moyennes selon les directions					
	Est	Ouest	Nord	Sud	P- value
CEC (cmol+/kg)	$0,73 \pm 0,22$ a	$0,85 \pm 0,19$ a	$0,69 \pm 0,12$ a	$0,73 \pm 0,15$ a	$< 0,444$
Les moyennes selon les profondeurs					
	0 – 10 cm	10 – 20 cm			P- value
CEC (cmol+/kg)	$0,80 \pm 0,22$ a	$0,71 \pm 0,12$ a			$< 0,229$

IV. Discussion

L'analyse des propriétés physico-chimiques des sols sous *Annona senegalensis* met en évidence des effets globalement hétérogènes de l'espèce sur les différents paramètres étudiés. Dans l'ensemble, les résultats indiquent une influence limitée de la distance par rapport à la touffe sur la majorité des propriétés du sol, tandis

que des variations plus marquées apparaissent selon la direction et, dans certains cas, selon la profondeur. De manière générale, les écarts-types observés pour plusieurs paramètres chimiques témoignent d'une forte hétérogénéité spatiale des sols étudiés. Cette variation pourrait être liée à des processus de redistribution latérale des particules, notamment sous l'effet potentiel du ruissellement et du transport éolien. Ainsi, l'absence de différences statistiques pour certains paramètres pourrait être liée non seulement à l'effet limité de *Annona senegalensis*, mais également à la forte dispersion des données mesurées.

L'absence d'effet significatif de la distance sur les fractions granulométriques confirme que la texture du sol demeure un paramètre essentiellement stable et peu influencé par la présence de *Annona senegalensis*. Ce résultat est cohérent avec les principes pédogénétiques, selon lesquels la texture est principalement déterminée par les processus géologiques et climatiques à long terme plutôt que par la végétation (Brady et Weil, 2016).

Toutefois, les variations significatives observées selon la direction, notamment pour les fractions sableuses et limoneuses, suggèrent une redistribution latérale des particules fines. Ce phénomène peut être attribué à l'action combinée du vent dominant et du ruissellement superficiel, particulièrement marquée en zone sahélienne où l'érosion éolienne et hydrique joue un rôle majeur dans la redistribution des matériaux du sol (Lal, 2015). Ainsi, la structure spatiale observée semble davantage liée aux processus de transport qu'à l'effet direct de l'espèce.

Le pH du sol ne varie pas significativement selon la distance ni selon la profondeur ($p > 0,05$), indiquant l'absence d'un gradient radial d'acidité autour de *Annona senegalensis*. Les faibles écarts-types observés pour le pH montrent également une stabilité relative des conditions chimiques du sol malgré les différences directionnelles enregistrées. Cette stabilité du pH en fonction de la distance suggère que l'influence de cette espèce sur l'acidité du sol reste relativement homogène dans l'espace immédiat entourant l'arbre. Des résultats similaires ont été observés dans plusieurs études menées en savanes africaines, où les espèces ligneuses n'entraînent pas systématiquement des variations marquées du pH du sol en fonction de la distance au tronc, notamment lorsque les sols possèdent un fort pouvoir tampon (Arbonnier, 2009 ; Belsky, 1989).

L'absence de variation significative du pH selon la profondeur pourrait également être liée à une homogénéisation verticale des propriétés chimiques du sol. Ce phénomène peut résulter du mélange des horizons superficiels par l'activité biologique, notamment celle des termites et autres organismes du sol, très actifs dans les écosystèmes sahéliens. De plus, la décomposition progressive de la litière produite par *Annona senegalensis* peut contribuer à une redistribution relativement uniforme des composés organiques et minéraux dans les horizons supérieurs du sol (Young, 1997 ; Scholes et Archer, 1997).

En revanche, la présence d'une différence hautement significative du pH selon les directions ($p < 0,0001$), avec des valeurs plus élevées observées au Sud, met en évidence une influence spatiale directionnelle. Cette variation directionnelle pourrait être liée à une accumulation différentielle des bases échangeables, notamment le calcium, le magnésium et le potassium, sous l'effet des processus d'érosion éolienne et hydrique. Dans les régions sahéliennes, la direction dominante des vents et le ruissellement saisonnier peuvent entraîner un dépôt préférentiel de particules fines riches en bases sur certains côtés des arbres, modifiant ainsi localement la réaction du sol (Belsky et al., 1993 ; Scholes et Archer, 1997).

Par ailleurs, l'orientation sud peut bénéficier d'une exposition plus importante au rayonnement solaire, favorisant la minéralisation de la matière organique et la libération d'éléments basiques dans le sol. Ce phénomène peut conduire à une légère augmentation du pH dans cette direction. Des études sur les interactions arbre-sol ont montré que les effets directionnels peuvent être associés à des différences microclimatiques sous couvert végétal, influençant la dynamique de la matière organique et des nutriments (Callaway, 1995 ; Maestre et al., 2009).

Ainsi, bien que *Annona senegalensis* ne semble pas induire de gradient radial ou vertical significatif du pH, l'existence d'un gradient directionnel suggère que les processus environnementaux externes, tels que les vents dominants, le ruissellement et l'exposition solaire, jouent un rôle déterminant dans la distribution spatiale du pH du sol autour de cette espèce. Ces résultats confirment l'importance de considérer non seulement la distance à l'arbre, mais également l'orientation spatiale dans l'étude des interactions entre végétation ligneuse et propriétés chimiques des sols en zones sahéliennes.

L'analyse du carbone organique montre que la distance à la touffe n'induit pas de gradient significatif, ce qui suggère que *A. senegalensis* ne crée pas une zone d'enrichissement organique concentrique bien définie. Ce résultat contraste avec certaines espèces agroforestières connues pour générer des "îlots de fertilité". Cependant, la variation significative selon les directions indique une distribution spatiale hétérogène du carbone organique. Cette hétérogénéité pourrait résulter de la chute asymétrique de la litière, influencée par les vents dominants et la pente du terrain, ainsi que par des perturbations anthropiques locales. De manière générale, ces résultats suggèrent que l'apport organique de l'espèce est diffus plutôt que concentré autour du tronc.

L'azote total présente une variation significative selon la profondeur, avec des valeurs plus élevées dans certains horizons. Cette distribution verticale peut s'expliquer par des processus de minéralisation progressive et de migration des composés azotés dans le profil du sol (Bationo et al., 2007). Elle peut également refléter une accumulation différenciée de matière organique en surface suivie d'une transformation biologique en profondeur.

L'absence d'effet significatif de la distance confirme que *A. senegalensis* n'induit pas de gradient radial marqué de l'azote, contrairement à certaines espèces fixatrices d'azote plus structurantes comme *Faidherbia albida*.

Les résultats indiquent une variation significative du phosphore selon la direction, suggérant une redistribution spatiale des éléments phosphatés dans le sol. Cette distribution peut être liée à la décomposition localisée de la litière ou à des processus de ruissellement qui déplacent les particules riches en phosphore.

L'absence d'effet de la distance confirme que *A. senegalensis* ne génère pas de zone d'enrichissement phosphaté concentrée autour de sa base. Ce résultat est important car il distingue cette espèce d'autres ligneux sahéliens connus pour créer des îlots de fertilité marqués (Tiessen, 2008).

Les résultats montrent une absence d'effet significatif de la distance et de la direction sur la CEC et les bases échangeables. Cela indique que l'influence de *A. senegalensis* sur le complexe adsorbant du sol reste limitée à court terme. Ce faible impact peut s'expliquer par la nature des apports organiques, leur quantité relativement modérée et leur décomposition progressive dans des conditions climatiques contraignantes.

Cependant, le potassium échangeable présente une variation significative selon la profondeur, avec des concentrations plus élevées en surface. Cette distribution est cohérente avec l'apport direct de la litière foliaire et son incorporation progressive dans les horizons superficiels (Brady et Weil, 2016).

Dans l'ensemble, les résultats montrent que *Annona senegalensis* exerce une influence limitée mais réelle sur certaines propriétés chimiques du sol, principalement à travers des effets indirects liés à la litière et à sa décomposition. Toutefois, cette influence ne se traduit pas par la formation de gradients radiaux nets typiques des "îlots de fertilité" fortement structurés.

Les variations observées sont davantage gouvernées par des facteurs environnementaux externes (vent, ruissellement, pratiques agricoles) que par un effet direct de l'espèce. Cela suggère que *A. senegalensis* joue un rôle écologique modéré dans la dynamique des sols, contrairement à certaines espèces agroforestières dominantes des systèmes sahéliens.

Ces résultats soulignent l'importance de considérer à la fois les facteurs biotiques et abiotiques dans l'analyse des interactions sol-plante. Ils mettent également en évidence la nécessité d'études complémentaires à long terme pour mieux comprendre le rôle fonctionnel de cette espèce dans la fertilité des sols en milieu sahélien.

V. Conclusion

La présente étude montre que, dans les conditions pédologiques et agroécologiques du terroir de Kamé Daoua, la présence de *Annona senegalensis* Pers. n'est pas associée à un gradient radial significatif des principales propriétés physico-chimiques du sol étudiées. La distance à la touffe n'a en effet pas entraîné de variation significative de la granulométrie, du pH, du carbone organique, du phosphore, de la matière organique, des bases échangeables ou de la capacité d'échange cationique.

En revanche, certaines propriétés présentent une structuration spatiale selon les directions cardinales. Des différences significatives ont notamment été observées pour le limon, le sable, le pH, le carbone organique, le phosphore total et assimilable ainsi que la matière organique. Le pH et les teneurs en phosphore sont particulièrement élevés au sud de la touffe, tandis que le carbone organique et la matière organique présentent des distributions directionnelles contrastées. La profondeur influence, quant à elle, l'azote total et le potassium échangeable.

Ainsi, l'espèce exerce une influence agroécologique réelle mais spatialement hétérogène et non concentrique. Les écarts-types observés pour plusieurs paramètres révèlent également une forte variabilité spatiale des sols, caractéristique des agroécosystèmes sahéliens.

Références bibliographiques

- [1]. **Arbonnier, M. (2009).** *Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest*. Éditions Quæ, Versailles, France, 573 p.
- [2]. **Baize, D. (1988).** *Guide des analyses courantes en pédologie : choix, expression, présentation et interprétation*. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Paris, France, 172 p.
- [3]. **Bationo, A., Lompo, F. et Koala, S. (1998).** « Recherche d'une gestion intégrée de la fertilité des sols pour une agriculture durable en Afrique de l'Ouest ». *Gestion de la fertilité des sols pour la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne*, 369-387.
- [4]. **Bationo, A., Kihara, J., Vanlauwe, B., Waswa, B. et Kimetu, J. (2007).** *Gestion intégrée de la fertilité des sols en Afrique subsaharienne*. Tropical Soil Biology and Fertility Institute of CIAT, Nairobi, Kenya, 467 p.
- [5]. **Bationo, A., Waswa, B., Kihara, J. et Kimetu, J. (2018).** *Gestion intégrée de la fertilité des sols en Afrique subsaharienne : principes, pratiques et impacts*. Springer, Dordrecht, Pays-Bas, 1091 p.
- [6]. **Bayala, J., Sanou, J., Teklehaimanot, Z., Ouedraogo, S. J. et Kalinganire, A. (2014).** « Les systèmes agroforestiers sahéliens comme stratégie d'adaptation aux changements climatiques ». *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6 : 28-34.
- [7]. **Bayala, J., Prieto, I., Sanou, J., et al. (2015).** « Interactions arbre-culture et amélioration de la résilience des systèmes agricoles au Sahel ». *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 205 : 25-35.
- [8]. **Belsky, A. J. (1989).** « Influence des arbres sur les propriétés des sols dans les savanes africaines ». *Journal of Tropical Ecology*, 5 : 369-380.
- [9]. **Belsky, A. J., Mwonga, S. M., Duxbury, J. M. et Ali, A. R. (1993).** « Effets des arbres isolés sur les propriétés physiques et chimiques des sols dans les savanes tropicales ». *Biotropica*, 25 : 190-198.
- [10]. **Brady, N. C. et Weil, R. R. (2016).** *Nature et propriétés des sols*. 15e édition, Pearson Education, Londres, Royaume-Uni, 1104 p.

- [11]. **Callaway, R. M. (1995).** « Effets positifs et négatifs des plantes dans les environnements terrestres ». *Botanical Review*, 61 : 306-349.
- [12]. **Issoufou, H. B. A., Mahamane, A. et Saadou, M. (2019).** « Contribution des espèces ligneuses sahéliennes à l'amélioration de la fertilité des sols ». *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(4) : 2123-2135.
- [13]. **Kouyaté, A. M., Van Damme, P. et Traoré, D. (2021).** « Importance socioéconomique et usages traditionnels de *Annona senegalensis* en Afrique de l'Ouest ». *Bois et Forêts des Tropiques*, 347 : 45-58.
- [14]. **Lal, R. (2015).** « Restaurer la qualité des sols pour lutter contre leur dégradation en zones tropicales ». *Sustainability*, 7 : 5875-5895.
- [15]. **Maestre, F. T., Callaway, R. M., Valladares, F. et Lortie, C. J. (2009).** « Raffinement du modèle de gradient de stress dans les interactions végétales ». *Journal of Ecology*, 97 : 199-205.
- [16]. **Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadas, R. et Simons, A. (2009).** *Base de données Agroforestry : guide de référence et de sélection des arbres*. Centre Mondial d'Agroforesterie (ICRAF), Nairobi, Kenya.
- [17]. **Sanogo, K., Diarra, B. et Koné, M. (2020).** « Influence des ligneux sur la dynamique de la matière organique dans les sols sahéliens ». *Afrique Science*, 16(5) : 75-88.
- [18]. **Scholes, R. J. et Archer, S. R. (1997).** « Interactions arbres-herbacées dans les savanes ». *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28 : 517-544.
- [19]. **Tiessen, H. (2008).** *Le phosphore dans les écosystèmes tropicaux : dynamique et disponibilité*. CAB International, Wallingford, Royaume-Uni, 250 p.
- [20]. **Tropenbos International et Réseau National des Chambres d'Agriculture du Niger (RECA). (2023).** *La régénération naturelle assistée et la restauration des terres au Sahel*. Niamey, Niger, 85 p.
- [21]. **Walkley, A. et Black, I. A. (1934).** Examen de la méthode de Degtjareff pour la détermination de la matière organique du sol et proposition d'une modification de la méthode de titrage à l'acide chromique. *Soil Science*, 37 : 29-38.
- [22]. **Young, A. (1997).** *Agroforesterie pour la gestion durable des sols*. CAB International, Wallingford, Royaume-Uni, 320 p.