



## EFFET DE L'ANACARDIER (*Anacardium occidentale* L.) SUR LES PROPRIETES PHYSICOCHIMIQUES DES SOLS (CASAMANCE / SENEGAL)

## EFFECT OF THE ANACARDIER (*Anacardium occidentale* L.) ON THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF SOILS (CASAMANCE / SENEGAL)

| Seydou Ndiaye <sup>1\*</sup> | Mohamed Mahamoud Charahabil <sup>1</sup> | Malainy Diatta <sup>2</sup> | and | Aidara Chérif Amadou Lamine Fall <sup>3</sup> |

<sup>1</sup> Université Assane Seck de Ziguinchor | Département d'Agroforesterie | Laboratoire d'Agroforesterie et d'Ecologie | Ziguinchor | Sénégal |

<sup>2</sup> Institut Sénégalais de Recherche Agricole | Centre National de Recherches Forestières | Dakar | Sénégal |

<sup>3</sup> Université Assane Seck de Ziguinchor | Département de Géographie | Laboratoire de Géomatique et Environnement | Ziguinchor | Sénégal |

| Received January 14, 2020 |

| Accepted January 29, 2020 |

| Published February 01, 2020 |

| ID Article | Seydou-Ref.1-ajiras180120 |

### RESUME

**Introduction:** En Casamance, les cultures annuelles ont souvent été associées à l'anacarde dans le but de diversifier les rendements et les revenus des producteurs. Cependant l'impact écologique de cette espèce n'est pas bien connu notamment sur la fertilité des sols. **Objectif:** Cette étude a pour objectif d'analyser l'effet de l'anacardier sur la fertilité des sols. **Méthodes:** La fertilité des sols a été évaluée par l'analyse des échantillons de sols prélevés sous et hors couvert du houppier de l'anacardier. Ainsi quarante-cinq (45) échantillons composites ont été prélevés dans les régions de Ziguinchor, Sédhiou et Kolda en raison de 15 échantillons par région. **Résultats:** Les résultats de l'analyse de sol ont montré que les sols sont généralement très acides (pH = 5,13) sans différence significative ( $p = 0,394$ ) suivant la distance de prélèvement. Toutefois, les teneurs les plus élevées de carbone total (0,611 %), de l'azote total (0,052 %), du phosphore assimilable (29,38 ppm), de la matière organique (1,054 %) et du potassium échangeable (0,08 méq/100g) ont été obtenues sur les sols sous couvert de l'anacarde. La texture est sablo-limoneuse sur les trois niveaux de prélèvement (R, R/2 et 2\*R où R est le rayon du houppier de l'anacardier). **Conclusion:** Ainsi, ces résultats traduisent que l'anacarde contribue à l'amélioration de la fertilité des sols contrairement à ce qui est pensé par la majorité des populations et scientifiques.

**Mots clés :** Effet, Anacarde, Fertilité des sols, Casamance.

### ABSTRACT

**Background:** In Casamance, annual crops have often been associated with cashew nuts in order to diversify yields and income for producers. However, the ecological impact of this species is not well known, particularly on soil fertility. **Objective:** The objective of this study is to analyze the effect of cashew on soil fertility. **Methods:** Soil fertility was assessed by analyzing soil samples taken under and outside the cashew tree crown. Forty-five (45) composite samples were taken in the Ziguinchor, Sédhiou and Kolda regions, with 15 samples per region. **Results:** The results of the soil analysis showed that the soils are generally very acidic (pH = 5.13) with no significant difference ( $p = 0.394$ ) depending on the sampling distance. However, the highest levels of total carbon (0.611%), total nitrogen (0.052%), available phosphorus (29.38 ppm), organic matter (1.054%) and exchangeable potassium (0.08 meq/100g) were obtained on soils under cashew nut cover. The texture is sandy-silty on all three sampling levels (R, R/2 and 2\*R where R is the crown radius of the cashew tree). **Conclusion:** Thus, these results show that cashew nuts contribute to the improvement of soil fertility contrary to what is thought by the majority of populations and scientists.

**Keywords:** Effect, Cashew nut, Soil fertility, Casamance.

## 1. INTRODUCTION

L'intégration des arbres dans les systèmes de production agricole est longtemps pratiquée par les paysans [1]. Cette intégration peut présenter des avantages réciproques vis-à-vis des deux partenaires (arbre et cultures associées) [2,3,4,5]. En effet, les arbres jouent plusieurs fonctions dans les parcs. Entre autres, ils permettent de maintenir l'activité biologique des sols [6] grâce aux interactions arbre-sol. Ils participent ainsi au recyclage des éléments minéraux du sol indispensables à la vie des arbres et des cultures [7]. L'effet mécanique de ses racines permet la fixation du sol et la décomposition de sa litière qui constitue souvent la principale source de nutriments pour la croissance des végétaux [8].

Ils permettent l'incorporation de la litière au sol, la formation d'agrégats stables, le mélange de matière organique et de particules argileuses, les organismes du sol contribuant à la création de la structure grumeleuse des sols. Cette activité d'enfouissement de la litière aboutit à la création d'humus, dont la dégradation ultérieure contribue à la libération d'éléments minéraux directement assimilables par les plantes. Ainsi, la fertilité des sols dépend principalement du taux de décomposition de la litière végétale [9]. La matière organique des sols constitue à la fois un puits de carbone et une source d'énergie et de nutriments pour les cultures. Les teneurs en matière organique d'un sol agricole dépendent, outre du climat, à la fois de ses caractéristiques physico-chimiques et du régime des restitutions organiques lié lui-même aux systèmes de cultures [10].

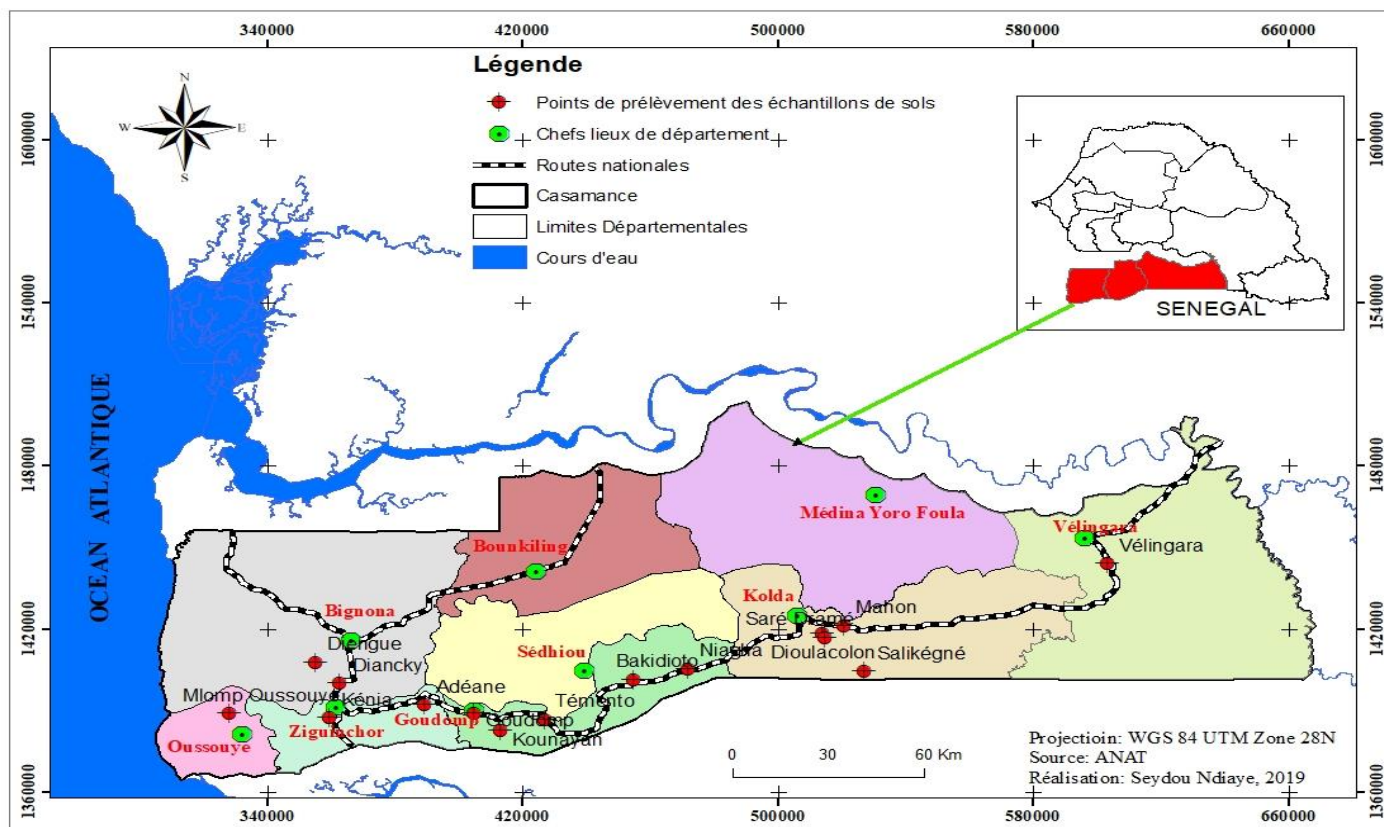
Dans le cadre de l'association des arbres aux cultures, certaines espèces peuvent empêcher la croissance et le développement du tapis herbacé par la sécrétion des substances inhibitrices pour lutter contre le développement des mauvaises herbes [11,12]. Ce même phénomène est observé dans les plantations d'anacardier où le couvert végétal sous le houppier de l'anacardier est presque nu. C'est pourquoi il serait considéré par certains producteurs d'anacarde comme une espèce allélopathique à influence négative. Les substances allélochimiques impliquées sont en général des métabolites végétaux secondaires et appartiennent à plusieurs familles chimiques comme des dérivés benzéniques, des phénoliques, des acides hydroxamiques ou des terpenes [13]. A ce jour, aucune étude scientifique n'a prouvé l'allélopathie de l'anacardier.

Pourtant au Sénégal et plus particulièrement en Casamance, les cultures annuelles sont souvent associées aux plantations d'anacarde dans le but d'intensifier les rendements [14] bien que l'impact écologique de l'anacarde sur la fertilité des sols ne soit pas bien connu. En étudiant les propriétés physicochimiques des sols sous et hors couvert de l'anacardier, cette étude permet de mettre en évidence son effet sur leur dynamique et leur fertilité.

## 2. MATERIELS AND METHODES

### 2.1 Zone d'étude

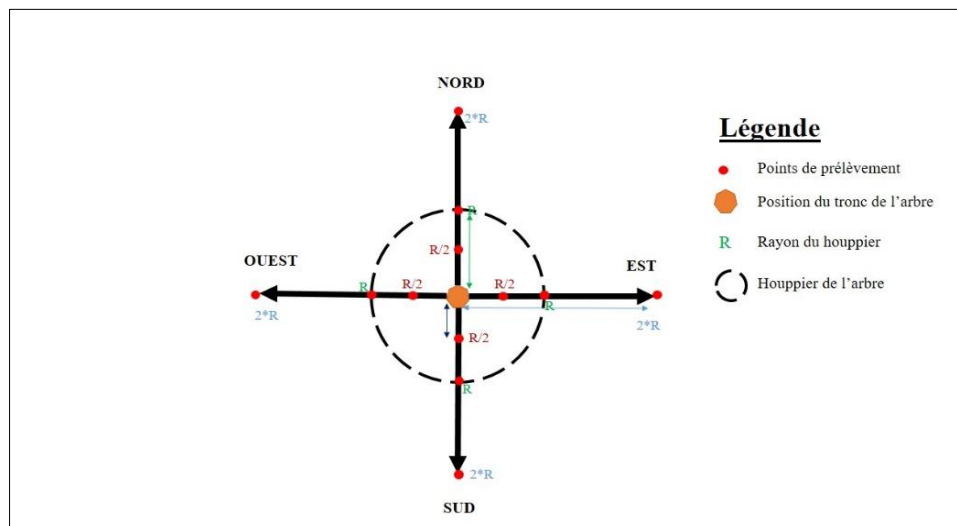
Les échantillons de sol ont été prélevés sur l'ensemble de la Casamance naturelle située au sud du Sénégal qui s'étend sur une superficie de 28 350 kilomètres carrés soit 1/7 de la superficie du Sénégal (presque la superficie de la Belgique). La région est étroite et allongée d'Est en Ouest de part et d'autre d'un fleuve de 300 km qui donne son nom à la région. Il s'agit de Ziguinchor, Sédhiou et Kolda, respectivement en Basse, Moyenne et Haute Casamance [15]. Ces échantillons ont été prélevés dans 15 localités en raison de 3 échantillons / localité (Figure 1).



**Figure 1** : La figure montre la carte de localisation des sites de prélèvement de sol.

### 2.2 Prélèvement des échantillons de sols

Les échantillons de sols ont été prélevés entre le 15 décembre 2017 et le 03 janvier 2018. Les prélèvements sont effectués suivant trois distances ( $R/2$ ,  $1 \cdot R$  et  $2 \cdot R$ , où  $R$  représente le rayon du houppier de l'arbre considéré). Sur chaque arbre considéré, 4 prélèvements ont été effectués sur chaque distance de prélèvement à l'aide d'une tarière, à la profondeur de 0-30 cm suivant les quatre orientations géographiques (Est-Ouest-Nord-Sud). Au total, 180 échantillons ont été prélevés. Ce qui a permis de former 45 échantillons composites en raison de 5 échantillons par région (Figure 2).



**Figure 2** : La figure montre le dispositif de prélèvement des échantillons de sols.

### 2.3 Méthodes d'analyses des échantillons de sols

L'analyse des échantillons de sols a été effectuée au laboratoire «Sols-Plantes-Eaux» du Centre National de Recherche Agronomique de Bambey (CNRA/Bambey). Les paramètres physico-chimiques analysés sont l'azote total ( $N_{total}$ ), le carbone organique (**CO**), le phosphore assimilable ( $P_{assimilable}$ ), la matière organique (MO), le pH, les bases échangeables ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  et  $K^+$ ) et la granulométrie (fraction argile-sable-limon).

Le pH eau est déterminé par la dose de 1/2,5. Le phosphore assimilable est déterminé par la méthode de Bray modifiée [16], le carbone organique par la méthode de Walkley-Black modifiée, l'azote total par la méthode de Kjeldhal modifiée [17] et la matière organique a été oxydé par un mélange de bichromate de potassium et d'acide sulfurique concentré. L'excès de bichromate a été titré par le sel de Mohr. La granulométrie a été effectuée sur la base de 20g de sol broyé dans 25ml d'eau. Le fractionnement des différentes particules a été réalisé grâce à la méthode de fractionnement granulométrique [18,19].

### 2.4 Traitement des données :

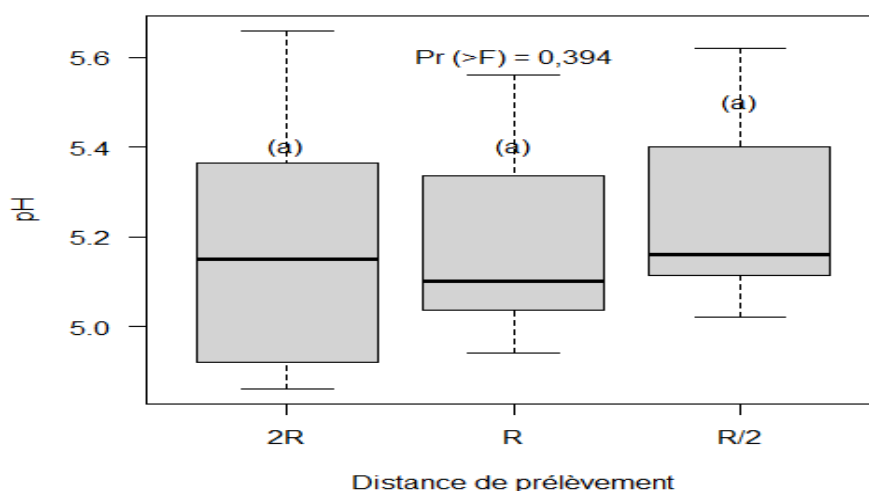
Les données ont été traitées à l'aide du logiciel R.3.4.2. Le test de Shapiro a été appliqué à l'ensemble des variables étudiées afin de vérifier les conditions de normalité des données. Ainsi pour le test de comparaison des moyennes, des tests paramétriques (pour les variables dont le p-value < 0,05) et non paramétriques (p-value > 0,05) ont été utilisés. L'analyse de la variance (ANOVA) a été utilisée pour mettre évidence l'effet d'un facteur. Le test de Newman Keuls au seuil  $\alpha = 0,05$  a permis de comparer les moyennes et de monter les différences entre les facteurs étudiés. Le coefficient de variation ( $CV = \frac{\sigma}{x}$ , x étant la moyenne) a été présenté afin d'indiquer le degré de dispersion des valeurs autour de la moyenne. Une analyse en composante principale (ACP) a permis de dégager les différents groupes de similitudes suivant le niveau de fertilité des différents échantillons. Des intervalles de confiance ont été présentés dans le cadre de cette étude.

## 3. RESULTS

Les propriétés physico-chimiques analysées dans le cadre de cette étude concernent le pH, le phosphore assimilable ( $P_{assimilable}$ ), le carbone total ( $C_{total}$ ), l'azote total ( $N_{total}$ ), la matière organique (MO), le rapport C/N, les bases échangeables ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ) et la granulométrie (fractions argile-limon-sable).

### 3.1 Le potentiel d'hydrogène (pH) suivant la distance de prélèvement et de la zone de prélèvement du sol

L'analyse de la variance du pH ne montre aucune différence significative ( $p = 0,394$ ) quel que soit la distance de prélèvement. Cependant, les substrats prélevés à R/2, R et 2R enregistrent des valeurs médianes respectives de 5,16 ; 5,10 et 5,15 (Figure 3). Toutefois la nature de ces différents substrats s'avère très acide. Par conséquent, la culture de l'anacarde ne modifie pas la nature du pH du sol (Figure 3).



**Figure 3** : La figure montre la variation du pH suivant la distance de prélèvement.

L'analyse des interactions entre la distance de prélèvement et les zones de prélèvement du sol ne donne pas de différence significative ( $p = 0,075$ ). Elle montre que quelle que soit la zone de prélèvement des échantillons de sols, la nature du pH reste la même suivant la distance de prélèvement. D'où l'effet non significatif de l'anacarde sur le pH du sol (Tableau 1).

**Tableau 1** : Le tableau montre l'analyse de la variance du pH.

Variables	DDL	Somme des carrés	Somme des moyennes	F, value	Pr (>F)
• Distance de prélèvement	2	329	164,5	0,957	0,394 NS
• Zones de provenance	2	957	478,5	2,784	0,075 NS
• Distance de prélèvement*Zone de prélèvement	4	115	28,9	0,168	0,953 NS
• Résidus	36	6187	171,9		

DDL = Degré De Liberté ; NS = Non Significatif.

### 3.2 La teneur en carbone total (C) suivant la distance de prélèvement et de la zone de prélèvement du sol

L'analyse de la variance ne montre aucune différence significative du carbone total sur la distance de prélèvement ( $p = 0,658$ ). Cependant, la teneur en carbone total est légèrement plus élevée sur R/2 avec une moyenne de 0,611 % contre 0,553 % sur R et 0,546 % sur 2R avec un coefficient de variation (CV) de 37,23 %. Toutefois ces teneurs en carbone restent en dessous de la norme en zone soudano sahélienne qui varie de 1,5 à 2 %. Par conséquent par rapport à la zone hors couvert, l'anacarde favorise une meilleure accumulation du carbone total. Par rapport à la zone de prélèvement du sol, une différence significative a été notée ( $p = 0,0242$ ) suivant les zones de prélèvement du sol avec un coefficient de variation de 34,42 %. Ceci montre que par rapport à la distance de prélèvement, le sol couvert par le houppier de l'anacardier favorise une meilleure accumulation du carbone total (Tableau 2).

**Tableau 2** : Le tableau montre le résultat du test de Newman-Keuls du carbone (C) total suivant la distance de prélèvement et la zone de prélèvement du sol au seuil de 5%.

Distance de prélèvement	DDL	NTR	STD	R	Min	max	Moyenne	M
• R/2			0,222	15	0,345	1,232	0,611	a
• R	2	3	0,223	15	0,327	1,103	0,553	a
• 2R			0,189	15	0,293	1,030	0,546	a

Pr (>F) = 0,658 ; CV = 37,23 % ; Alpha = 0,05 ; Erreur standard = 0,045.

Zones de provenance (Régions)	DDL	NTR	STD	R	Min	Max	Moyenne	M
• KOLDA			0,295	15	0,293	1,232	0,577	a
• SEDHIOU	2	3	0,139	15	0,517	0,965	0,668	ab
• ZIGUINCHOR			0,094	15	0,323	0,603	0,464	b

Pr (>F) = 0,0242 \* ; CV = 34,42 % ; Alpha = 0,05 ; Erreur standard = 0,038 ; DDL = Degré De Liberté.

### 3.3 Teneur en azote (N) suivant la distance de prélèvement et de la zone de provenance des sols

L'analyse de la teneur en azote n'a pas montré de différence significative suivant la distance de prélèvement ( $p = 0,373$ ). Cependant, la teneur en azote est légèrement plus élevée sur R/2 avec une moyenne de 0,052 % contre 0,045 % sur R et 0,044 % sur 2R avec coefficient de variation (CV) de 35,23 %. Suivant la zone de provenance, la différence n'est pas significative ( $p = 0,825$ ) avec un CV = 35,91 %. La plus grande teneur en azote a été notée dans la région de Sédhiou (0,049 %) suivi de Ziguinchor (0,047 %) et Kolda (0,045 %). Ces sols s'avèrent très pauvres en azote par rapport à la norme indiquée qui doit être supérieure ou égale à 0,4 %. Toutefois les sols sous couvert par le houppier de l'anacarde favorisent une meilleure teneur en azote dans la région de Sédhiou. (Tableau 3).

**Tableau 3** : Le tableau montre le résultat du test de Newman-Keuls de l'azote (N) suivant la distance de prélèvement les zones de provenance au seuil de 5%.

Distance de prélèvement	DDL	NTR	STD	R	Min	Max	Moyenne	M
• R/2			0,022	15	0,029	0,118	0,052	a
• R	2	3	0,014	15	0,026	0,074	0,045	a
• 2R			0,011	15	0,030	0,072	0,044	a
Pr (>F) = 0,373 ; CV = 35,23 % ; Alpha = 0,05 ; Erreur standard = 0,00028 ; DDL = Degré De Liberté.								
Zones de provenance (Régions)	DDL	NTR	STD	R	Min	Max	Moyenne	M
• KOLDA			0,024	15	0,028	0,118	0,045	a
• SEDHIOU	42	3	0,010	15	0,033	0,068	0,049	a
• ZIGUINCHOR			0,012	15	0,026	0,072	0,047	a
Pr (>F) = 0,825 ; CV = 35,91 % ; Alpha = 0,05 ; Erreur standard = 0,00029. DDL = Degré De Liberté.								

### 3.4 Rapport Carbone/Azote (C/N) suivant la distance de prélèvement et la zone de provenance des sols

Le rapport C/N suivant la distance de prélèvement est de 12,1 sur R/2, 12,25 sur R et 12,22 sur 2R. Le test de comparaison des moyennes ne montre aucune différence significative ( $p = 0,986$ ) avec un CV = 20,76%. Suivant la zone de provenance, le rapport C/N le plus élevé a été noté dans la région de Sédhiou (13,58 %) suivi de Kolda (12,73 %) et Ziguinchor (10,26 %). Cependant une différence significative a été notée dans les différentes régions ( $p = 0,0022$ ) avec un CV = 16,99%. Une minéralisation rapide est favorisée par C/N < 10. Toutefois le rapport C/N le plus important a été obtenu dans la région de Ziguinchor et sur le substrat R/2 (Tableau 4).

**Tableau 4** : Le tableau montre le résultat du test de Newman-Keuls du rapport C/N suivant les zones de provenance des sols au seuil de 5%.

Distance de prélèvement	DDL	NTR	STD	R	Min	Max	Moyenne	M
• R/2			2,69	15	7,33	15,69	12,10	a
• R	2	3	2,41	15	7,16	14,92	12,25	a
• 2R			2,47	15	7,15	15,24	12,22	a
Pr (>F) = 0,986 ; CV = 20,76 % ; Alpha = 0,05 ; Erreur standard = 6,41 ; DDL = Degré De Liberté.								
Zones de provenance (Régions)	DDL	NTR	STD	R	Min	Max	Moyenne	M
• KOLDA			1,59	15	9,81	15,06	12,73	a
• SEDHIOU	2	3	1,54	15	11,07	15,69	13,58	a
• ZIGUINCHOR			2,82	15	7,15	15,24	10,26	b
Pr (>F) = 0,00022 *** ; CV = 16,99 % ; Alpha = 0,05 ; Erreur standard = 4,29 ; DDL = Degré De Liberté.								

### 3.5 Teneur en phosphore assimilable (P) suivant la distance de prélèvement et de la provenance des sols

L'analyse de la variance montre qu'il n'existe aucune différence significative de la teneur en phosphore assimilable suivant la distance de prélèvement ( $p = 0,514$ ). Cependant la teneur moyenne varie respectivement de 29,38 ppm (65,81 Kg/ha) pour R/2, 17,6 ppm (39,42 Kg P/ha) pour R et 17,32 ppm (38,78 Kg P/ha) pour 2R avec un coefficient de variation de 151,39 %. Suivant la zone de provenance, elle varie de 32,81 ppm (73,49 Kg/ha) pour Kolda, 10,74 ppm (24,05 Kg/ha) pour Sédhiou et 20,74 ppm (46,45 Kg/ha) pour Ziguinchor. Le test de comparaison des moyennes ne montre aucune différence significative ( $p = 0,172$ ) avec un coefficient de variation de 147,5 %. Toutefois, ces teneurs restent faibles dans les trois régions ( $51 < P < 100$  Kg/ha) quelle que soit la distance de prélèvement. Elles sont plus élevées dans la région de Kolda et sur le substrat R/2 (Tableau 5).

**Tableau 5** : Le tableau montre le résultat du test de Newman Keuls du phosphore assimilable (P) suivant la distance de prélèvement et la zone de provenance des sols au seuil de 5%.

Distance de prélèvement	DDL	NTR	STD	R	Min	Max	Moyenne	M
• R/2	2	3	24,97	15	7,9	182,22	29,38	a
• R			21,78	15	6,36	94,44	17,60	a
• 2R			45,40	15	6,58	106,03	17,32	a

Pr (>F) = 0,514 ; CV = 151,39 % ; Alpha = 0,05 ; Erreur standard = 1053,197 ; DDL = Degré De Liberté.

Zones de provenance (Régions)	DDL	NTR	STD	R	Min	Max	Moyenne	M
• KOLDA	2	3	52,30	15	6,36	182,22	32,81	a
• SEDHIOU			10,74	15	8,12	15,23	10,74	a
• ZIGUINCHOR			20,74	15	9,65	71,689	20,74	a

Pr (>F) = 0,172 ; CV = 147,5 % ; Alpha = 0,05 ; Erreur standard = 999,78 ; DDL = Degré De Liberté.

### 3.6 Teneur en matière organique (MO) suivant la distance de prélèvement et de la zone de provenance des sols

La teneur en matière organique est plus élevée sur R/2 (1,054 %) suivi de R (0,953 %) et 2R (0,943). Le test de comparaison des moyennes suivant la distance de prélèvement n'a pas montré de différence significative ( $p = 0,66$ ) avec un CV = 37,2%. Par rapport à la zone de provenance, une différence significative a été noté ( $p = 0,0249$ ) avec un CV = 34,41%. Elle est plus élevée à Sédhiou (1,15 %) suivi de Kolda (0,99 %) et Ziguinchor (0,80 %). Cependant la teneur moyenne enregistrée dans la région de Sédhiou sur le substrat R/2 est plus proche de la norme indiquée en zone soudano-sahélienne (1,5 à 2 %) (Tableau 6).

**Tableau 6** : Le tableau montre le résultat du test de Newman Keuls de la teneur en matière organique suivant la distance de prélèvement et de provenance au seuil de 5%.

Distance de prélèvement	DDL	NTR	STD	R	Min	Max	Moyenne	M
• R/2			0,38	15	0,59	2,12	1,054	a
• R	2	3	0,38	15	0,56	1,90	0,953	a
• 2R			0,32	15	0,51	1,78	0,943	a

Pr (>F) = 0,66 ; CV = 37,20 % ; Alpha = 0,05 ; Erreur Standard = 0,133 ; DDL = Degré De Liberté.

Zones de provenance (régions)	DDL	NTR	STD	R	Min	Max	Moyenne	M
• KOLDA			0,509	15	0,51	2,12	0,99	a
• SEDHIOU	2	3	0,240	15	0,89	1,66	1,15	ab
• ZIGUINCHOR			0,163	15	0,56	1,04	0,80	b

Pr (>F) = 0,0249 \* ; CV = 34,41 % ; Alpha = 0,05 ; Erreur Standard = 0,114 ; DDL = Degré De Liberté.

### 3.7 Teneur en calcium (Ca<sup>2+</sup>) suivant la distance de prélèvement et de la zone de provenance des sols

La teneur moyenne en calcium varie de 2,066 méq/100g (925,5 Kg Ca/ha) en R/2, 2,139 méq/100 (958 Kg/ha) en R et 2,12 méq/100 (949 Kg/ha) en 2R. L'analyse de la variance suivant de la distance de prélèvement n'a pas montré de différence ( $p = 0,952$ ) avec un CV = 31,61%. Par rapport à la zone de provenance, elle varie de 2,36 méq/100g pour les sols prélevés Kolda, 2,02 méq/100g pour ceux de Sédhiou et 1,94 méq/100g pour Ziguinchor avec une différence non significative ( $p = 0,175$ ) et un CV = 30,36 %. Toutefois la valeur moyenne la plus élevée a été noté sur 2R (2,066 méq/100g) dans la région de Ziguinchor. Quelle que soit la distance de prélèvement et la zone de provenance, la teneur en Ca<sup>2+</sup> des différents sols reste faible par rapport à la norme (800 < Ca < 1000 Kg/ha) (Tableau 7).

**Tableau 7** : Le tableau montre le résultat du test de Newman Keuls de la teneur en calcium (Ca<sup>2+</sup>) suivant la distance de prélèvement et de la provenance des sols au seuil de 5%.

Distance de prélèvement	DDL	NTR	STD	R	Min	Max	Moyenne	M
• R/2			0,668	15	1,329	4,139	2,066	a
• R	2	3	0,752	15	1,517	4,485	2,139	a
• 2R			0,565	15	1,553	3,587	2,120	a

Pr (>F) = 0,952 ; CV = 31,61 % ; Alpha = 0,05 ; Erreur Standard = 0,444 ; DDL = Degré De Liberté

Zones de provenance (Régions)	DDL	NTR	STD	R	Min	Max	Moyenne	M
• KOLDA			0,936	15	1,553	4,485	2,36	a
• SEDHIOU	2	3	0,520	15	1,329	3,020	2,02	a
• ZIGUINCHOR			0,285	15	1,578	2,527	1,94	a

Pr (>F) = 0,175 ; CV = 30,36 % ; Alpha = 0,05 ; Erreur standard = 0,409 ; DDL = Degré De Liberté.

### 3.8 Teneur en magnésium ( $Mg^{2+}$ ) suivant la distance de prélèvement et de la provenance des sols

La teneur moyenne en magnésium varie de 0,273 méq/100g (74,256 Kg/ha) pour R/2 ; 0,252 méq/100g (68,544 Kg/ha) pour R et 0,253 méq/100g (68,816 Kg/ha) pour 2R. Ainsi l'analyse de la variance ne montre pas de différence ( $p = 0,839$ ) avec un CV = 41,72%. Suivant la zone de provenance, elle est de 0,258 méq/100g (70,176 Kg/ha) à Kolda, 0,314 méq/100g (85,408 Kg/ha) à Sédhiou et 0,205 méq/100g (55,76 Kg/ha) avec différence significative notée suivant la zone de provenance ( $p = 0,0157$ ). Toutefois malgré que la teneur la plus élevée soit enregistrée sur R/2 en provenance de Kolda, elle reste cependant déficiente par rapport à la norme ( $< 150$  Kg/ha) (Tableau 8).

**Tableau 8** : Le tableau montre le résultat du test de Newman Keuls de la teneur en magnésium ( $Mg^{2+}$ ) suivant la distance de prélèvement et de la provenance des sols au seuil de 5%.

Distance de prélèvement	DDL	NTR	STD	R	Min	Max	Moyenne	M
• R/2			0,082	15	0,137	0,474	0,273	a
• R	2	3	0,115	15	0,125	0,491	0,252	a
• 2R			0,122	15	0,119	0,507	0,253	a

Pr ( $>F$ ) = 0,839 ; CV = 41,72 % ; Alpha = 0,05 ; Erreur Standard = 0,011 ; DDL = Degré De Liberté.

Zones de provenance (Régions)	DDL	NTR	STD	R	Min	Max	Moyenne	M
• KOLDA			0,090	15	0,149	0,461	0,258	ab
• SEDHIOU	2	3	0,129	15	0,152	0,507	0,314	a
• ZIGUINCHOR			0,064	15	0,119	0,319	0,205	b

Pr ( $>F$ ) = 0,0157 \* ; CV = 37,95 % ; Alpha = 0,05 ; Erreur Standard = 0,0097 ; DDL = Degré De Liberté.

### 3.9 Teneur en potassium ( $K^+$ ) suivant la distance de prélèvement et de la provenance des sols

La teneur moyenne en potassium est environ de 0,80 méq/100 (70,08 Kg/ha) quel que soit la distance de prélèvement et de provenance. L'analyse de la variance de la teneur en potassium n'a pas montré de différence suivant la distance de prélèvement ( $p = 0,816$ ) avec un CV = 24,37% mais également en fonction de la zone de provenance ( $p = 0,647$ ) avec un CV = 24,23%. Cependant, le sol prélevé en R/2 à Kolda présente une meilleure teneur. Toutefois, ces sols sont pauvres en potassium ( $< 100$  Kg/ha) (Tableau 9).

**Tableau 9** : Le tableau montre le résultat du test de Newman Keuls de la teneur en potassium (K) suivant la distance de prélèvement et de provenance des sols au seuil de 5%.

Distance de prélèvement	DDL	NTR	STD	R	Min	Max	Moyenne	M
• R/2			0,017	15	0,063	0,119	0,080	a
• R	2	3	0,014	15	0,060	0,106	0,076	a
• 2R			0,023	15	0,018	0,128	0,079	a

Pr ( $>F$ ) = 0,816 ; CV = 24,37 % ; Alpha = 0,05 ; Erreur Standard = 0,444 ; DDL = Degré De Liberté

Zones de provenance (régions)	DDL	NTR	STD	R	Min	Max	Moyenne	M
• KOLDA			0,025	15	0,018	0,128	0,080	a
• SEDHIOU	2	3	0,014	15	0,060	0,107	0,075	a
• ZIGUINCHOR			0,014	15	0,062	0,119	0,081	a

Pr ( $>F$ ) = 0,647 ; CV = 24,23 % ; Alpha = 0,05 ; Erreur Standard = 0,00036 ; DDL = Degré De Liberté.

### 3.10 Analyse de l'antagonisme des bases échangeables suivant la distance de prélèvement

L'analyse du Tableau 10 montre que les valeurs du rapport Ca/Mg et K/Mg sont à un niveau optimal. Toutefois les valeurs de Ca/Mg et K/Mg les plus faibles sont obtenues sous R/2 (29,64). Cependant le rapport (Ca+Mg)/K, l'équilibre est à l'optimum pour R/2 et ceci est fort pour les sols prélevés à R et 2R. Cela montre que cet antagonisme n'a pas d'effet sur l'absorption des éléments minéraux du sol (Tableau 10).

**Tableau 10** : Le tableau montre l'équilibre des bases échangeables suivant la distance de prélèvement

Distance de prélèvement	Rapport entre les bases échangeables			Equilibre entre les éléments Barème d'appréciation [20]				
	Ca/Mg	K/Mg	(Ca+Mg)/K	Insuffisant	Acceptable	Optimum	Fort	Très fort
R/2	7,88	0,32	29,64	$< 1$	1 - 2	2 - 9	10 - 30	$> 30$
R	9,10	0,4	31,7	$< 0,05$	0,05- 0,10	0,10- 0,50	0,5 - 1	$> 1$
2R	9,4	0,4	34,1	$< 12$	12 - 15	15 - 30	30 - 40	$> 40$

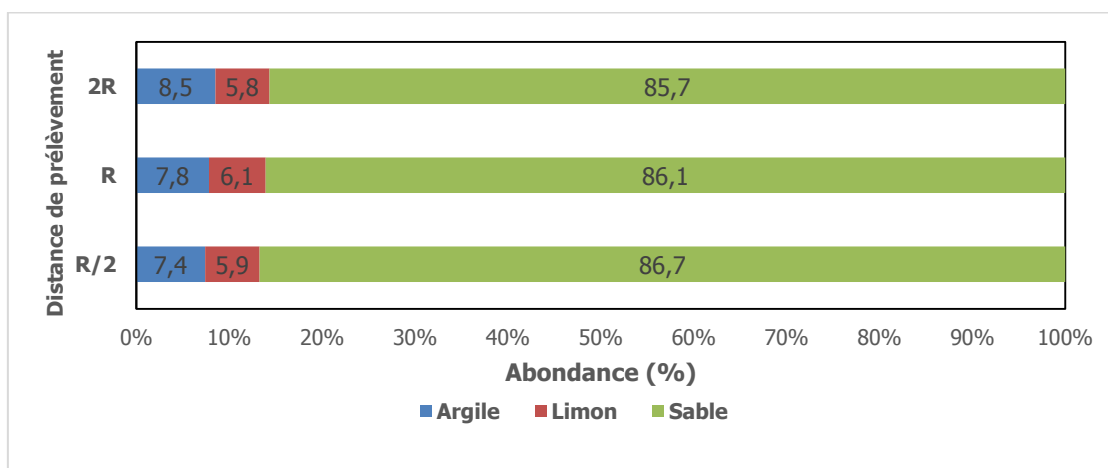
### 3.11 La texture du sol suivant la distance de prélèvement

Les résultats de l'analyse montre la texture ne change pas quel que soit la distance de prélèvement. Le sol est à caractère sablo-limoneux (SL). Toutefois, le coefficient de variation est de 29,06% pour l'argile, 35,93% pour le limon et 3,97% pour le sable. L'analyse de la variance (Tableau 11) montre des interactions significatives entre le sable, l'argile et le limon ( $p = 0,002924$ ) et suivant la distance de prélèvement ( $p = 3,437e-08$ ). Ce qui montre que l'effet de l'espèce n'est pas significatif sur les distances de prélèvement du sol (Figure 4).

**Tableau 11** : L'analyse de la variance des différentes fractions du sol.

Variables	DDL	Somme des carrés	Somme des moyennes	F, value	Pr (>F)
Argile: Limon: Sable	1	0,000	0,000	1.1196e+01	0,002924 **
Code : Argile : Limon: Sable	2	0,000	0,000	4.1472e+01	3,437e-08 ***
Résidus	24	0,000	0,000		

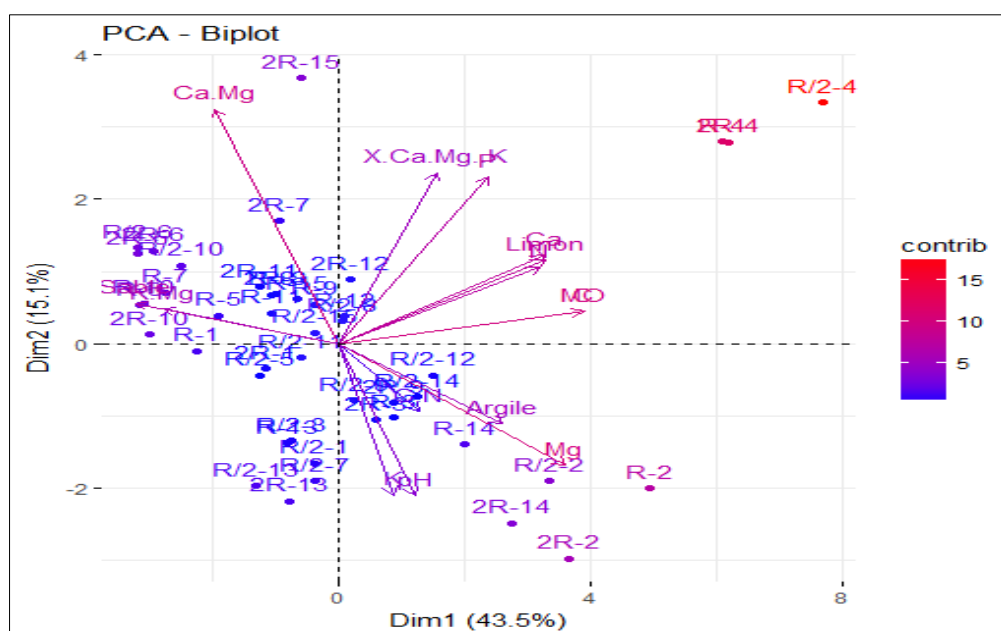
DDL = Degré De Liberté



**Figure 4** : Diagramme de la texture du sol suivant la distance de prélèvement.

### 3.12 Analyse multivariée des indicateurs de fertilité de sol

Une analyse en composante principale (ACP) a été réalisé sur le tableau (x/y ou x représente les éléments minéraux et la texture et y représente les distances de prélèvement de sols) pour établir les éventuelles corrélations entre les différents éléments minéraux du sol et le type de substrat. L'axe F1 et F2 représentent respectivement 43,5 % et 15,1 % des informations. Les résultats de l'analyse montre que par rapport à F1, les variables MO, Ca, Ca+Mg/K, sont corrélées à la fraction limon situées sur l'abscisse positive. Par rapport à la distance de prélèvement, il y a une opposition entre la distance de prélèvement 2R en abscisses positives et R/2 en abscisses négatives. L'axe F2 apporte des informations par rapport à la distance de prélèvement. Ainsi, les substrats R et 2R sont plus corrélées aux variables (Ca/Mg et K/Mg). Le substrat R/2 est caractérisé les variables (Ca+Mg)/K, P, Ca, C, MO et N les plus importants (Figure 5).



**Figure 5** : Analyse en composantes principales des propriétés physico-chimiques et les différents traitements.



## 4. DISCUSSION

Les résultats des paramètres physico-chimiques du sol n'ont pas montré de différence significative suivant la distance de prélèvement. Les valeurs du  $\text{pH}_{\text{eau}}$  sont de 5,16 sous le houppier de l'anacarde, de 5,10 à la limite du houppier et de 5,15 hors du houppier. Ce qui traduit la nature acide de ces sols. Selon Doucet (2006), un  $\text{pH}_{\text{eau}}$  est fortement acide si les valeurs sont comprises entre 5,1 et 5,5 [20]. Toutefois le système tampon : argile + matière organique + éléments minéraux permet de contrôler les variations du pH [21,22]. L'action du pH sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols crée un milieu favorable à l'alimentation minérale et à la croissance des plantes. La plupart des plantes se développent très bien dans sol à pH 6,5 (moyennement acide) [20]. Cette forte acidité notée sur ces substrats peut conduire à la perturbation de la nutrition minérale des plantes en détruisant le système racinaire [23].

Dans la zone soudano-sahélienne, un sol d'une teneur en matière organique de 1,5% d'humus voir 2% et plus, est un sol relativement pourvu en humus [24]. Or les valeurs observées dans le cadre de cette étude sont en dessous de la norme indiquée même si le taux de carbone le plus élevé est obtenu sous houppier de l'anacarde. Cependant, des études portant sur la chute des feuilles dans les écosystèmes forestiers [25] ont montré que cette chute peut conditionner la teneur en carbone et en matière organique du sol. Ainsi, la production annuelle de litière varie en fonction d'un grand nombre de facteurs : le climat, la toposéquence, les espèces présentes, le type de biome, la fertilité du sol, l'âge du peuplement, les saisons, la gestion (en particulier pour les prairies avec le pâturage) [26]. Dans le cadre de cette étude, elle est plus importante au niveau de R/2 (0,611%) contre 0,553% sur R et 0,546% pour 2R.

Quant au taux d'azote, il varie de 0,052 pour R/2, 0,045% pour R et 0,044% pour R. Malgré cette différence pas significative, il est important de souligner que ces sols sont pauvres en azote. Selon Giroux et Audesse (2004), pour un sol d'une bonne teneur en azote, le taux doit être supérieur ou égal à 0,4% [27]. Cette différence pourrait s'expliquer par l'occupation antérieure de ces parcs notamment les pratiques culturales qui y étaient menées. Par rapport à la matière organique, il est admis qu'un taux de 1,5 % est la limite théorique, au-dessous de laquelle la fertilité diminue [20]. Seul le substrat «R/2» (1,054) est proche de ce seuil minimal. Les substrats «R» et «2R» enregistrent respectivement des teneurs moyennes en matière organique de 0,953% et 0,943%. Ces résultats seraient dus à une addition continue de la matière organique sous les arbres par rapport aux sols nus [28]. Ces variabilités de la teneur en carbone peuvent avoir plusieurs origines comme la sylviculture appliquée aux plantations et les perturbations qu'elles induisent [29], les pratiques de fertilisation utilisées par les producteurs mais également l'occupation ancienne des sols [30, 31, 32]. Toutefois, des études sur le *Guiera senegalensis*, le *Vitellaria paradoxa* et *Cordyla pinnata* ont toutes montré des teneurs en carbone, azote et en bases échangeables plus élevées sous houppier comparé à hors houppier [33, 34-3]. Cependant, le rapport C/N dont la moyenne est de 12,1 pour R/2, 12,25 pour R et 12,22 pour 2R, traduit une minéralisation trop lente au niveau de ces substrats. Le rapport C/N < 10 favorise une minéralisation rapide [35]. C'est pourquoi il est constaté que sous le houppier de l'anacarde les feuilles mortes s'accumulent au point d'empêcher le développement du couvert herbacé. De l'avis de certains auteurs, la décomposition lente de certaines feuilles serait due à leur nature chimique (teneur en tanin) [36,37]. Ainsi l'arbre et les bactéries participent à la décomposition de la litière, l'entretien et la biologie du sol [6-38,]. Selon Akpo et al., (2003), les arbres jouent un rôle très important dans la production et la qualité fourragère de la végétation herbacée [39]. Les mêmes conclusions sont relatées par Traoré et al., (2004) affirmant que l'arbre améliore la fertilité des terres de cultures, par la restitution minérale à travers la décomposition des feuilles [40]. D'une manière plus générale, la variabilité en éléments nutritifs des sols suivant les provenances est souvent reliée à la microtopographie des parcs, pour certaines variables mais également au mode de gestion des parcelles [41].

La teneur en phosphore assimilable est plus importante sous anacarde (29,38 ppm) par rapport à hors houppier (17,32 ppm). Malgré qu'elle soit plus élevée sous anacarde, elle reste faible comparée à la moyenne [20]. Selon Davet (1996) cette faible teneur en phosphore serait due aux prélèvements racinaires des plantes [42]. La mobilité élevée du phosphore par la plante peut être à l'origine de l'appauvrissement en phosphore à moyen ou à long terme [43]. Cette diminution du phosphore en surface serait due aux variations chimiques du sol qui impactent sur les paramètres de rétention et d'absorption du phosphore par les plantes [44,45,46,47,48,49]. La texture du sol n'a pas été modifiée par l'anacardier. Sur l'ensemble des distances de prélèvement, les sols sont sablo-limoneux.

Les rapports entre les bases échangeables sur les équilibres révèlent des antagonismes et des blocages d'absorption des bases par la plante. Cette étude a montré que les valeurs optimales ont été obtenues sur le substrat prélevé sous l'anacarde. Les antagonismes peuvent être à l'origine de la diminution des rendements ou de leur augmentation selon la nature des rapports entre les différentes bases. Ainsi en sol léger, un K/Mg trop élevé provoque une carence en magnésium diminuant les rendements alors qu'en sol argileux, il ralentit le taux d'absorption du potassium limitant les rendements [20].

## 5. CONCLUSION

Cette étude dont l'objectif était d'évaluer l'effet de l'anacarde sur la fertilité des sols a montré qu'une grande partie des éléments minéraux qui caractérisent le niveau de fertilité de ces substrats étaient plus importants sous le houppier de l'anacardier comparativement à la zone hors couvert. Les teneurs les plus élevées de carbone total, de l'azote total, du phosphore assimilable, de la matière organique et du potassium échangeable ont été obtenues sur les sols sous couvert.

Toutefois la texture reste la même c'est-à-dire sablo-limoneux quel que soit la distance de prélèvement. Ces résultats traduisent que la présence de l'anacardier dans les systèmes de production agricole n'a pas un effet négatif sur la fertilité des sols.

**Reconnaissance :** Les auteurs expriment leur gratitude au ministère de l'enseignement supérieur de la recherche et de l'innovation du Sénégal à travers le Fonds d'Impulsion pour la Recherche Scientifique et Technique (FIRST 2015) qui a permis la réalisation de cette étude.

## 6. REFERENCES

- Loaguen J.C et Touffkt J. Production de litière et apport au sol d'éléments minéraux dans quelques peuplements résineux de la Bretagne. *Ami. Sri. forest.* 1976; 33(2): 87-107
- Gbemavo D.S.J.C, Glele Kankai R, Assogbadjo A.E, Katary A et Gnangle P.C. Effet de l'ombrage du karité sur le rendement capsulaire du coton dans les agrosystèmes coton-karité du Nord Bénin. *Tropicultura.* 2010; 28(4): 193-199
- Ndiaye Samba S A, Faye E, Gueye T, Hank M et Camire C. *Cordyla pinnata* améliore les propriétés du sol et la productivité des cultures. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 2012; 6(2): 714-725.
- Mansour A.M, Zoubeirou A.M, Nomao D.L, Djibo E.S, Ambouta J.M.K. Productivité de la culture du sorgho (*Sorghum bicolor*) dans un système agroforestier à base d'Acacia senegal (L) Will. Au Niger. *Journal of Applied Biosciences.* 2014; 82: 7339-7346.
- Camara B, Sagna B, Ngom D, Niokane M et Gomis Z.D. Influence of *Faidherbia albida* on upland rice productivity. Book of abstracts. 3rd European Agroforestry Conference 23-25 May-Montpellier, SupAgro. 2016, 339-342
- Diallo H, Bamba I, Barima S, Sadaïou Y, Visser M, Ballo A, Mama A, Vranken I, Maïga M, Bogaert J. Effets combinés du climat et des pressions anthropiques sur la dynamique évolutive de la végétation d'une végétation d'une zone protégée du Mali (Réserve de Fina, Boucle du Baoulé). *Sécheresse.* 2011 ; 22(3) : 97-107.
- Genot V, Colinet G, Brahy V, Bock L. L'état de fertilité des terres agricoles et forestières en région wallonne. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2009; 13(1): 121-138
- Diallo MD, Chotte JL, Guissé A, Sall SN. Influence de la litière foliaire de cinq espèces végétales tropicales sur la croissance du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) et du maïs (*Zea mays* L.). Science et changements planétaires. *Sécheresse.* 2008 ; 19(3): 207-10
- Hashim GM. Sustainable land management in tropical tree-crop ecosystem. Extension Bulletin ASPEC No. 424, *Malaysian Agricultural Research and Development Institute*, Kuala Lumpur, 1996.
- Delphin J.M, Huck C, Tiquet J.L. Evaluation du pouvoir minéralisateur de sols agricoles en fonction de leurs caractéristiques physico-chimiques. *Agronomie, EDP Sciences.* 1986; 6(5): 453-458.
- Evidente, A., Fernández-Aparicio, M., Andolfi, A., Rubiales, D., and Motta, A. Trigoxazonane, a monosubstituted trioxazonane from *Trigonella foenum-graecum* root exudate inhibits *Orobanche crenata* seed germination. *Phytochemistry.* 2007; 68(19) : 2487-2492.
- Fernández-Aparicio, M., Cimmino, A., Evidente, A., & Rubiales, D. Inhibition of *Orobanche crenata* seed germination and Radicle growth by allelochemicals identified in cereals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 2013; 61(41): 9797-9803.
- Massalha H., Korenblum E., Tholl D., Aharoni A. Small molecules below-ground: the role of specialized metabolites in the rhizosphere. *Plant Journal.* 2017. 90 : 788-807.
- Ndiaye S, Charahabil M .M, Diatta M. Caractérisation des Plantations à Base d'anacardier dans les communes de Kaour, Goudomp et Djibanar. *European Scientific Journal.* April 2017; 13(12): 242-257. doi: 10.19044/esj.2017.v13n12p242
- Sané T., Benga A. et Sall O. La Casamance face aux changements climatiques : enjeux et perspectives. 23<sup>ième</sup> Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Rennes 2010. 559-564.
- Bray RL, Kurtz LT, 1945. Determination of total, organic and available form of phosphorus in soils. *Soils Sci.* 1945; 59: 39-45.
- Bremner JM, Mulvaney CS. Nitrogen - Total. In *Methods of Soils Analysis. Part 2. Chemicals and Microbiological Properties* (2nd edn), Page AL, Miller RH, Keeney DR (eds). *Soil Science Society of America*, Madison: Wisconsin; 1982, 595-624.
- Bruckert S, Andreux F., Correa A, Ambouta K.J.M. et Souchier B. Fractionnement des agrégats appliqués à l'analyse des complexes organo-minéraux des sols. *Note technique Centre pédologie/fiologie*, no22. 1978
- Feller C, Burtin G, Gerard B, Balesdent J. Utilisation des résines sodiques et des ultrasons dans le fractionnement granulométrique de la matière organique des sols. Intérêt et limites. *Sciences du sol*, 1991, vol. 29,2 :77-93
- Doucet R. Le climat et les sols agricoles. ed. Berger, Eastman, Québec. Xv 2006, 443 pp.
- Sieskind O. Contribution à l'étude des interactions argile-matière organique : adsorption des acides aminés par la montmorillonite. Mémoire d'ingénieur. Université de Strasbourg. 1962, 90p
- Chabalier P. Influence du pH sur la nutrition minérale de l'arachide cultivée sur deux sols ferrallitiques Tananarive IRAM, 1972, 62 p. (Document IRAM, n. 317).
- CRAAQ. Guide de référence en fertilisation. ed. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, Sainte-Foy. xx, 2003, 294 pp.
- Hubert, G., Schaub, C. La fertilisants des sols. L'importance de la matière organique. Chambre d'Agriculture, BasRhin. Service Environnement-Innovation, 2011, 46p.
- Bray JR, Gorham E. Litter production in forests of the world. *Advances in ecological research.* 1964; 2: 101-157.
- Tardif A. Prédiction des taux de décomposition des litières végétales par les traits fonctionnels agrégés. Sciences agricoles. Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II. Français.
- Giroux, M., Audesse, P. Comparaison de deux méthodes de détermination des teneurs en carbone organique, en azote total et du rapport C/N de divers amendements organiques et engrais de ferme. *Agrosol.* 2004; 15: 107-110.
- Prinsley RT, Swift MJ. Amelioration of Soil by Trees: a Review of Current Concepts and Practices. Commonwealth Science Council, London, 1994, pp. 104-120.
- Payet K. Variabilités édaphiques dans les Landes de Gascogne et recherche d'indicateurs de biodiversité. Rapport Master-1, Univ. BordeauxI, 2004, 18 p
- Gelpe J. Le paysage et l'eau: les types de landes et leurs aptitudes agricoles et forestières. *Bull. Inst. Geol. Bassin d'Aquitaine.* 1992; 51-52: 45-55.
- Koerner W., Dupouey J.L., Dambrine E., Benoit, M. Influence of past land use on the vegetation and soils of present day forest in the Vosges Mountains, France. *Journal of Ecology.* 1997; 85 : 351-358.
- Sargos J. Histoire de la forêt landaise. L'horizon Chimérique (Ed.), Bordeaux, France, 1997, 559 p
- Dossa E.L, Khouma M, Diédhiou I, Sène M, Kizito F, Badiane A.N, Samba A.N.S et Dick R.P. Carbon, nitrogen and phosphorus mineralization potentiel of semiarid Sahelian soils amended with native shrub residues. *Geoderma.* 2008 ; 148: 251-260
- Saidou A, Balogoun I, Kone B, Gnangle C.P et Aho N. Effet d'un système agroforestier à karité (*Vitellaria paradoxa* c.f Gaertn) sur le sol et le potentiel de production maïs (*Zea mays*) en zone Soudanienne du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 2012, 6 (5) : 2066-2082.
- Howeler, R.H. Diagnosis of nutritional disorders and soil fertility maintenance of cassava. tropical tuber Crops: Problems, Prospects and Future Strategies. Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi, India, 1996, 181-193.
- Lowor ST. et Agyente-Badu CK. Mineral and proximate composition of Cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) juice from Northern Savannah, Forest and Costal Savannah region in Ghana. *American Journal of Food Technology.* 2009; 4: 154-161.
- Hédible L.G, Adjou E.S., Tchobo F.P, Agbangnan P, Ahojuendo B, Soumanou M. M. Caractérisation physico-chimique et morphologique de pommes d'anacarde pour leur utilisation dans la production d'alcool alimentaire et de boissons spiritueuses. *Journal of Applied Biosciences.* 2017 ; 116: 11546-11556
- Ngom D, Fall T, Sarr O, Diatta S et Akpo L.E. Caractéristiques écologiques du peuplement ligneux de la réserve de biosphère du Ferlo, Sénégal. *Journal of Applied Biosciences.* 2013 ; 65: 5008-5023.
- Akpo L. E., Banoin M et Grouzis M. Effet de l'arbre sur la production et la qualité fourragères de la végétation herbacée : bilan pastoral en milieu sahélien. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays tropicaux.* 2003, 154, 10 : 619-628.

40. Traoré K, Olier R, Girou J, Ganry F. Les karités (*Vitellaria paradoxa*) améliorent la matière organique et la fertilité du sol à trois niveaux de la toposéquence au Mali Sud 2004.
41. Arrouays D., Jolivet M., Richer de Forges A., Andreux F., Lévêque J., Chaussod R., Trichet P., Bert D. Impact des pratiques agricoles et sylvicoles sur les variabilités spatiales et temporelles des constituants organiques du sol et de la biomasse microbienne. Rapport final GESSOL, 2002, 56 p.
42. Davet P. Vie microbienne du sol et production végétale, ed Quae. 1996, 283 p.
43. Münch E. et Kiefer J. Le Pourghère (*Jatropha curcas* L., Botanique, écologie, culture, produits de récolte, filières de valorisations, réflexions économique. Université Hohenheim. 1986, 276 p.
44. Tripathi, M.P., Panda, R.K., Raghuwanshi, N.S. Identification and prioritisation of critical sub-watersheds for soil conservation management using the SWAT model. *Biosyst. Eng.* 2003; 85: 365–379.
45. Heathwaite, A.L., Fraser, A.I., Johnes, P.J., Hutchins, M., Lord, E., Butterfield, D. The phosphorus indicators tool: a simple model of diffuse P loss from agricultural land to water. *Soil Use Manage.* 2003; 19: 1–11.
46. Gassman, P.W., Reyes, M.R., Green, C.H., Arnold, J.G. The soil and water assessment tool: historical development applications, and future research directions. Invited Review Series. *Trans. Am. Soc. Agric. Biol. Eng.* (ASABE). 2007; 50: 1211–1250.
47. King, K.W., Williams, M.R., Macrae, M.L., Fausey, N.R., Frankenberger, J., Smith, D.R., Kleinman, P.J., Brown, L.C. Phosphorus transport in agricultural subsurface drainage: a review. *J. Environ. Qual.* 2015; 44: 467–485.
48. Pizzeghello, D., Berti, A., Nardi, S., Morari, F. Phosphorus forms and P-sorption properties in three alkaline soils after long-term mineral and manure applications in north-eastern Italy. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2011; 141: 58–66.
49. Biswanath D, Vimala D. N, Willie G. H. Approaches for evaluating subsurface phosphorus loss potential from soil profiles. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 245 2017 92–99. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2017.05.006>



**Citer cet article: Seydou Ndiaye, Mohamed Mahamoud Charahabil, Malainy Diatta et Aidara Chérif Amadou Lamine Fall.** EFFET DE L'ANACARDIER (*Anacardium occidentale* L.) SUR LES PROPRIETES PHYSICOCHIMIQUES DES SOLS (CASAMANCE / SENEGAL). *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*. 2020; 10(2): 44-54.

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>