

INNOVATIONS DANS LA **PRODUCTION** DU CAJOU



*3^{ème} Actes des Recherches de CICC/ACA
Édition 2024*



LISTE DES ÉVALUATEURS

Cocoa Research Institute of Ghana/CRIG

1. Dr Godfred K. Awudzi, Entomology
2. Dr Esther G. Akoto (+233 540933451) Food Scientist
3. Dr Sampson Konlan, (+233 243314068) Agronomist
4. Dr Solomon Agbare (+233 559908433) Mycologist
5. Dr Amos K. Quaye (+233 540631043) soil scientist
6. Dr Edem Anyomi (+233 209370655) Plant breeder
7. Dr Moses K. Aidoo (+233 559337478) Plant Physiologist
8. Mr Tera Nyarko (+233 271190449) Social Scientist

Réseau de Recherche et Développement sur Anacarde en Afrique / <https://m.facebook.com/p/Réseau-de-Recherche-et-Développement-sur-Anacarde-en-Afrique-100069473321736/REDAA>

- | | |
|------------------------------|--|
| 1. Prof. Sibirina Soro | - Lecturer/Researcher - Executive Coordinator of REDAA |
| 2. Dr. Myriam Mazella Traore | - Rural Economist |
| 3. N'depo Ossey Robert | - Lecturer/Researcher |
| 4. Silue Sana | - Technician |
| 5. Bailley Pelagie | - Technician |
| 6. Konan Serge Pacome | - Technician |
| 7. N'gessan Ange Parfait | - Doctoral Student |
| 8. Soro Doudjo | - Research Lecturer |



Table de Matières

Sélection des arbres-mères d'anacardiers selon les caractéristiques des noix des clones	4
Évaluation des descendance d'anacardiers (<i>Anacardium occidentale</i> L.) au niveau de l'exploitation lors de la floraison précoce et rendement en noix dans les plaines d'Affram au Ghana	8
DÉTERMINANTS DES RECETTES D'EXPORTATION DES NOIX DE CAJOU AU NIGÉRIA	16
Réponse de la croissance et du rendement des greffons d'anacardiers à l'espacement dans la zone de la savane guinéenne du Ghana	22
Effets de la manutention post-récolte sur la qualité des matières grasses dans les noix de cajou	28
Effets de différents substrats de sol sur la levée de germination et la croissance de variétés d'anacardiers (<i>Anacardium occidentale</i> L.) au niveau de la station de l'ISRA de Sangalkam/Sénégal	32
MILIEUX SÉLECTIFS DESTINÉS À L'ISOLEMENT DES CHAMPIGNONS ENTOMOPATHOGÈNES ISSUS DES INSECTES RAVAGEURS DE L'ANACARDIER ET DES SOLS AU GHANA	42
Santé des vergers d'anacardiers au Ghana : enquête sur les espèces d'insectes et les maladies	52
Facteurs d'adoption de la culture d'anacardier par les producteurs du département de la Bénoué au Nord Cameroun	62
État de santé des anacardiers au Nigéria : Enquête sur les maladies et les espèces d'insectes	68
Importance des abeilles mellifères (<i>Apis mellifera</i>) dans la production de cajou (<i>Anacardium occidentale</i> L.) dans le Nord-Ouest de Madagascar	82

SÉLECTION DES ARBRES-MÈRES D'ANACARDIERS SELON LES CARACTÉRISTIQUES DES NOIX DES CLONES

Adeigbe O. O.¹, Babatunde P. O.¹, Shobowale I. O.¹ et Olasupo F. O.¹

¹ Section de la sélection des plantes Institut nigérian de recherche sur le cacao PMB 5244, Ibadan Nigéria

Auteur principal : tosoogunwale@yahoo.com

RÉSUMÉ

L'anacardier (*Anacardium occidentale*) est une culture à usages multiples. La forte teneur en énergie et en protéines de l'amande contenue dans la coque de la noix confère à cette dernière une grande valeur économique. Les caractéristiques des noix sont donc très importantes et une source de préoccupation pour les producteurs et les transformateurs. Des sélections mono-arbres d'anacardiens provenant de champs de producteurs ont été évaluées du fait de leurs caractéristiques de noix dans le cadre d'un essai préliminaire. Treize sélections d'anacardiens (KD102, YS103, OCJ5, EU202, BEL36, YS203, OCJ9, OCJ2, EN103, CR102, ORO9, BEL22 et ORO3) ont été clonées et installées sur des parcelles expérimentales de l'Institut nigérian de recherche sur le cacao. Ces matériels ont été évalués pour identifier leurs caractéristiques de noix et d'amandes. Des échantillons de 80 noix ont été choisis au hasard dans chaque clone et évalués pour connaître le poids de la noix, sa longueur, sa largeur, son épaisseur/sa circonférence, le poids de l'amande et de la coque. Les moyennes des données recueillies ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) pour vérifier la variabilité des caractéristiques des noix entre les différents clones. Un dendrogramme tracé a amplement réparti l'ensemble des 13 clones de cajou en deux groupes principaux avec un coefficient de dissimilarité de 3,53 en recourant à l'approche de Dice. Trois clones (OCJ9, ORO9 et YS203) ont été distingués et rassemblés en un seul groupe. Le clone OCJ9 a affiché les mesures les plus élevées en termes de poids de noix (11,34 g), de largeur de noix (2,99 cm) et de poids d'amande (3,75 g). Le clone ORO9 a enregistré la valeur moyenne la plus élevée, soit respectivement 2,24 cm et 7,97 g, en termes de circonférence de noix et de poids de coque. La longueur de noix la plus grande (3,99 cm) a été observée chez le clone YS203, le clone EU202 ayant le poids de noix (4,27 g), la longueur de noix (2,55 cm), la circonférence de noix (1,13 cm), le poids d'amande (1,50 g) et le poids de coque (2,73 g) les plus faibles. Le clone KD102 avait la valeur la plus faible, soit 1,91 cm, en termes de largeur de noix. Les clones OCJ9, YS203 et ORO9, qui se distinguent fortement, pourraient être utilisés comme arbre-mère dans la sélection en vue de l'amélioration des cultivars de cajou.

Mots clés : cajou, clones, greffes, paramètres des noix, poids des amandes.

INTRODUCTION

Dans les régions tropicales et subtropicales, l'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) est un arbre à usages multiples et une culture de rente qui constitue une source de revenus, de devises et d'emplois pour les pays producteurs. Environ 30 à 35 produits peuvent être obtenus à partir des différentes parties de l'anacardier : la feuille, la fleur, la tige, le bois, la pomme et les noix (Kluczkowski et Martins, 2016). Réputées pour leur riche contenu nutritionnel et leurs nombreux bienfaits pour la santé, la pomme et la noix de cajou sont très appréciées et jouent des rôles clés dans l'alimentation humaine (Olaitan *et al.*, 2023). La noix constitue le produit de départ de l'anacardier. Elle contient l'amande blanc-crème comestible (Adeigbe *et al.*, 2016). La demande de noix de cajou augmentant, il est de plus en plus nécessaire d'en améliorer la qualité (Gopalakrishnan *et al.*, 2010).

L'évaluation morphologique des noix de cajou implique une analyse complète de leurs caractéristiques externes, notamment leur taille, forme, couleur, texture et poids (Sanchez *et al.*, 2024). Les caractéristiques quantitatives telles que la taille, le poids et l'épaisseur de la coque jouent un rôle essentiel dans la détermination de la qualité et de la valeur marchande des noix de cajou. Les transformateurs préfèrent les noix de plus grande taille pour faciliter la transformation. Dans une étude antérieure, l'évaluation du ratio amande/coque selon différentes tailles de noix s'est traduite par un surcroît de coques dans la catégorie des noix de taille optimale par rapport à un groupe de noix de taille plus réduite (très grosses) (Adeigbe *et al.*, 2016). Ainsi, outre les autres caractéristiques importantes, l'évaluation de la taille des noix par rapport à la taille des amandes est un attribut important à prendre en compte dans la sélection de l'arbre-mère de l'anacardier en vue de son amélioration.

De multiples facteurs, tels que la génétique, la caractéristique édaphique et l'environnement, influencent la variation de la morphologie des noix (épaisseur de la coque, pourcentage d'amandes). L'évaluation de la morphologie des noix constitue l'étape initiale des programmes de sélection (Kumar *et al.*, 2021). La présente étude met l'accent sur l'évaluation des noix de cajou clonales pour la sélection des arbres-mères dans le cadre du développement de cultivars améliorés.

MATÉRIAUX ET MÉTHODES

L'étude a utilisé des noix de cajou matures provenant de 13 accessions clonales (KD102, YS103, OCJ5, EU202, BEL36, YS203, OCJ9, OCJ2, EN103, CR102, ORO9, BEL22, et ORO3) plantées dans les zones 3 et 4 à l'Institut nigérian de recherche sur le cacao, à Ibadan (7.2254° N, 3.8678° E). Six semaines après le greffage, les accessions ont été plantées en plein champ en observant un espacement de 10m x 10m. Un désherbage périodique a été effectué à la fois manuellement et à l'aide d'herbicides à base de glyphosate. Des noix sélectionnées dans chacune des accessions ont été séchées à l'air jusqu'à obtenir une teneur en eau de 8 %. Ensuite, 80 noix en quatre répétitions ont été choisies au hasard dans chaque catégorie d'accension clonale pour évaluer la taille des noix et des amandes en utilisant un plan d'expérience complètement randomisé selon les méthodes d'Adewale *et al.* 2010. Les mesures des noix ont été prises au Laboratoire d'amélioration des cultures du CRIN, à Ibadan. Les échantillons ont été évalués pour identifier le poids, la longueur, la largeur, l'épaisseur/la circonférence des noix, ainsi que le poids des amandes et des coques. Le poids des noix a été mesuré à l'aide d'une balance sensible (WT-H Zhongxin, Chine).

La longueur, la largeur et l'épaisseur/la circonférence des noix ont été mesurées en millimètres à l'aide d'un pied à coulisse à vernier (TONE DC-150). L'amande a été séparée de la coque à l'aide d'un coupe-noix de cajou en acier actionné à la main. Les poids de l'amande et de la coque ont été enregistrés séparément. Les moyennes des données recueillies ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) en vue de vérifier la variabilité des caractéristiques des noix entre les différents clones. La corrélation entre les caractéristiques étudiées a été réalisée à l'aide de l'option « Analyse » dans le système d'analyse statistique. Un dendrogramme a été conçu sur la base du coefficient de dissimilarité en utilisant l'approche de Dice.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les treize accessions différaient significativement ($P < 0,01$) les unes des autres pour les six caractéristiques morphologiques étudiées (Tableau 1). Le clone OCJ9 a enregistré le poids de noix supérieur (11,34 g), suivi du clone YS203 (11,22 g) et du clone ORO9 (11,15 g). La même tendance a été observée concernant le poids des amandes ; le poids le plus important a été observé chez le clone OCJ9 (3,75 g), suivi du clone YS203 (3,44 g) et du clone ORO9 (2,83 g). Le clone OCJ9 a affiché le poids de la noix (11,34 g), la largeur de la noix (2,99 cm) et le poids de l'amande (3,75 g) les plus élevés. Le clone ORO9 a obtenu la valeur moyenne la plus forte, soit respectivement 2,24 cm et 7,97 g, pour la circonférence de la noix et le poids de la coque. La longueur de la noix la plus significative (3,99 cm) a été observée chez le clone YS203. Le clone EU202 a affiché la valeur moyenne la plus faible au titre du poids de la noix (4,27 g), de la longueur de la noix (2,55 cm), de la circonférence de la noix (1,13 cm), du poids de l'amande (1,50 g) et du poids de la coque (2,73 g). Le clone KD102 a affiché la valeur la plus faible, de 1,91 cm, au titre de la largeur de la noix. En général, les noix ont été réparties en trois catégories : noix de grande taille (8-11 g), noix de taille moyenne (6-7 g) et noix de petite taille (2-5 g), qui constituent la plus grande proportion des noix produites au Nigéria.

Tableau 1. Performance de treize accessions clonales d'anacardiers en termes de caractéristiques des noix

Accessions	Ntwt (g)	NtL (cm)	Ntwh (cm)	NtGth (cm)	Kwt (g)	Swt (g)
KD102	4,78bc	2,68bc	1,91e	1,45bcd	1,65c	3,11e
YS103	5,50bc	2,94bc	2,12cde	1,29cd	1,77c	3,65cde
OCJ5	7,19bc	3,15b	2,23cde	1,56bcd	2,34bc	4,80cde
EU202	4,27c	2,55c	1,97de	1,13d	1,50c	2,73e
BEL36	7,04bc	3,08b	2,28cde	1,50bcd	1,99c	4,95cde
YS203	11,22a	3,99a	2,52bc	1,72bc	3,44ab	7,70ab
OCJ9	11,34a	3,79a	2,99a	1,84ab	3,75a	7,15ab
OCJ2	8,43ab	3,19b	2,43bcd	1,57bcd	2,41bc	5,96abc
EN103	5,67bc	2,87bc	1,95	1,42bcd	2,18bc	3,42de
CR102	6,86bc	3,05b	2,17cde	1,49bcd	2,23bc	4,58cde
ORO9	11,15a	3,69a	2,79ab	2,24a	2,83abc	7,97a
BEL22	8,17ab	3,17b	2,36bcde	1,55bcd	2,52abc	5,56bcd
ORO3	7,17bc	3,12b	2,19cde	1,47bcd	2,18bc	4,81cde
F. sign	**	***	**	*	*	**

Les moyennes suivies de la/des même(s) lettre(s) ne sont pas sensiblement différentes selon le DMRT ($P < 0,05$).

*, **, *** - Significatif à $P \leq 0,5$, 0,1, et 0,01

Légende : Ntwt-Poids de la noix, NtL-Longueur de la noix, Ntwh-Longueur de la noix, NtGth-Circonférence de la noix, Kwt-Poids de l'amande, Swt-Poids de la coque.

Le poids de la noix avait une corrélation positive et significative ($P < 0,001$) avec la longueur de la noix, la largeur de la noix, la circonférence de la noix, le poids de l'amande, le poids de la coque a des valeurs r de respectivement 0,96, 0,93, 0,67, 0,95, et 0,99 (Tableau 2). En général, il existe une corrélation positive et significative entre toutes les caractéristiques des noix évaluées. De ce fait, toute caractéristique de noix constitue un bon élément déterminant des autres caractéristiques, dans les clones de cajou utilisés dans cette expérience. Le poids et la circonférence des noix constituent une évaluation fiable du poids de l'amande, tel qu'observé également chez Adeigbe *et al.* en 2015.

Tableau 2. Corrélation entre les caractéristiques des noix mesurées

	Poids de la noix	Longueur de la noix	Largeur de la noix	Largeur de la noix	Poids de l'amande	Poids de la coque
Poids de la noix	-	0,96***	0,93***	0,67***	0,95***	0,99***
Longueur de la noix	-	-	0,88***	0,66***	0,92***	0,96***
Largeur de la noix	-	-	-	0,69***	0,89***	0,92***
Circonférence de la noix	-	-	-	-	0,57***	0,69***
Poids de l'amande	-	-	-	-	-	0,91***
Poids de la coque						

*** - significatif à $p \leq 0,001$

Il ressort du Tableau 3 que la variation génétique totale entre les 13 accessions a été représentée par quatre axes de la composante principale (CP), avec des proportions de variance allant de 91,73 % (CP1) à 1,11 % (CP4). Les valeurs propres de chaque axe ont suivi la tendance décroissante de la proportion de variance. Les variations totales (98,62%) parmi les treize accessions expliquées par les trois premiers axes de la CP étaient respectivement de 91,73%, 4,93% et 1,97%. Par ordre de grandeur décroissant, les caractéristiques les plus importantes avec des charges de vecteurs propres élevées dans la CP1 se présentaient comme suit : Poids de la noix (0,42), poids de la coque (0,42), longueur de la noix (0,41), largeur de la noix (0,40) et poids de l'amande (0,40). La circonférence de la noix (0,80) était le facteur le plus discriminant dans la CP2.

Tableau 3. Valeurs propres, proportions de variance et vecteurs propres montrant la prééminence de chaque caractéristique par rapport à chaque axe de la CP

Caractéristiques	CP1	CP2	CP3	CP4
Poids de la noix	0,4249	-0,0595	0,0679	-0,1883
Longueur de la noix	0,4141	-0,2744	0,4117	-0,3040
Largeur de la noix	0,4064	0,0509	-0,8672	-0,0144
Largeur de la noix	0,3796	0,8029	0,2523	0,3694
Poids de l'amande	0,4012	-0,5206	0,0852	0,6996
Poids de la coque	0,4217	0,0529	0,0550	-0,4960
Valeurs propres	5,5038	0,2951	0,1183	0,0667
Variance	91,73	4,93	1,97	1,11
Données cumulées	91,73	96,65	98,62	99,73

Un dendrogramme (Figure 1) tracé en fonction du coefficient de dissimilarité de Dice a nettement séparé tous les 13 clones de cajou en trois groupes principaux avec un coefficient de dissimilarité de 1,75, et en deux groupes principaux ayant un coefficient de dissimilarité de 3,53.

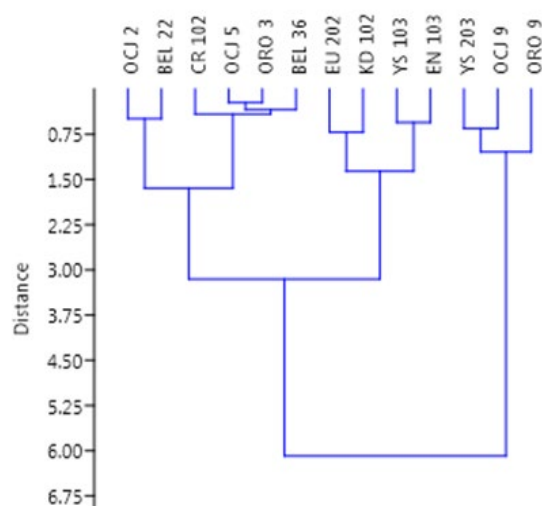


Figure 1. Dendrogramme séparant les clones de cajou en deux groupes principaux.

CONCLUSION

Le développement de variétés améliorées de cajou revêt une grande importance au Nigéria et en Afrique. L'évaluation et la sélection de l'arbère-mère constituent les premières étapes de la production de nouveaux clones ou hybrides présentant les caractéristiques recherchées. Le poids, la taille et la forme des noix, le poids et la qualité des amandes, le rendement en noix, la résistance aux maladies et aux insectes nuisibles, le dépelliculage aisé des testas, le détachement aisé de la noix de la pomme, la taille et la forme de la canopée, le sex-ratio des fleurs et le cycle de production des noix sont des caractéristiques utilisées comme marqueurs phénotypiques dans le cadre du processus de sélection. Dans cette étude préliminaire, trois clones de cajou, à savoir les clones OCJ9, YS203 et ORO9, ont été identifiés comme présentant les caractéristiques recherchées d'une noix de grande taille et mis en corrélation positive avec une grosse amande ; ils pourraient faire l'objet d'une évaluation plus poussée et être éventuellement inclus ou utilisés comme arbre-mère.

RÉFÉRENCES

- Adeigbe, O., Adewale, D., Muiyiwa, A., Olasupo, F., Olaniyi, O., Adenuga, O., Williams, A et Aliyu, O. (2016). Quantitative descriptors of cashew nut categories in Nigeria: providing indices for superior nut selection. *J. Agric. Biol. Sci.* (11):142-148.
- Adewale, B. D., Kehinde, O. B., Aremu C. O., Popoola1, J. O., et Dumet D. J. (2010). Seed metrics for genetic and shape determinations in African yam bean [Fabaceae] (*Sphenostylis stenocarpa* Hochst. Ex. A. Rich.) harms. *African Journal of Plant Science* Vol. 4(4), pp. 107-115. Disponible en ligne à l'adresse <http://www.academicjournals.org/ajps>. ISSN 1996-0824 © 2010 Academic Journals.
- Réseau des services de conseil technologique des Caraïbes (CTCS). (1993). Information package on cultivation, processing and marketing of cashew, St. Michael, Barbados, Réseau des services de conseil technologique des Caraïbes.
- Dendena, B., et Corsi, S. (2014). Cashew, from seed to market: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(4), 753-772. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0240-7>
- Gopalakrishnan, T. R, Nair P. K., et Mathew K. C. (2010). "Evaluation of the morphology of some selected cashew clones". *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 85, no. 2 : 183-187.
- Kluczkowski, A. M., et Martins M. (2016). Cashew Nuts. Rédacteur(s) en chef : Benjamin Caballero, Paul M. Finglas, Fidel Toldrá. *Encyclopedia of Food and Health*, Academic Press, Pages 683-686, ISBN 9780123849533, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00123-9>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123849472001239>)
- Kumar, R., Singh, S. K., Yadav, D. S., Yadav, A. K. et Yadav, N. (2021). Morphological and yield attributes-based diversity anaylysis in Indian mustard (*Brassica juncea* (L.) Czern & Coss). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 10(6), 78-82.
- Olaitan, P. B., Adeigbe, O. O., Olalekan, I. S., Muiyiwa, A. A., et Balogun, S. T. (2023). Cashew Production and Breeding in 5 West African Countries. *Journal of Scientific Research and Reports*, 29(5), 28-39. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2023/v29i51745>
- Sanchez, A., Pacheco Barragán, H. C., Urbano-T, J., Ayala-Garcia, C., Alvarez Solano, O. A., Maranon, A., Porras, A. et Hernandez, C. (2024). Physical, morphological, and mechanical properties of raw and steamed cashew nuts (*Anacardium occidentale* L.). *International Journal of Food Properties*, 27(1), 224-244. <https://doi.org/10.1080/10942912.2024.2304271>



(ANACARDIUM OCCIDENTALI L.) AU NIVEAU DE L'EXPLOITATION LORS DE LA FLORAISON PRÉCOCE ET RENDEMENT EN NOIX DANS LES PLAINES D'AFFRAM AU GHANA

Paul K. Adu-Gyamfi¹, Solomon Agyare², Akua Konadu Antwi-Gyamera³, Moses Aidoo⁴, Priscilla Amissah⁴, Godfred K. Awudzi³, Alfred Arthur⁵, Yahaya Bukhari² et Esther Gyedu Akoto⁴

¹Division de la reproduction végétale: Institut ghanéen de recherche sur le cacao

²Division de la lutte contre les pathologies végétales: Institut ghanéen de recherche sur le cacao

³Division de l'entomologie: Institut ghanéen de recherche sur le cacao

⁴Division de la physiologie végétale: Institut ghanéen de recherche sur le cacao

⁵Division des sciences du sol: Institut ghanéen de recherche sur le cacao

Courriel : adubee2001@yahoo.com

Résumé

La floraison et la fructification du cajou coïncident avec le stress annuel dû à la sécheresse. L'identification de génotypes à forte densité de floraison pourrait constituer une stratégie viable pour résister à la sécheresse. Huit (8) génotypes d'anacardiers ont été évalués sur des plantations d'exploitants agricoles au niveau d'Agotime I et d'Agotime II dans les plaines d'Affram au Ghana. L'essai a été organisé selon un plan en blocs complets aléatoire et les caractéristiques suivantes ont été mesurées : étendue de la canopée-EO, étendue de la canopée-NS, densité de floraison, rendement en noix, rendement cumulé, poids des noix et décorticage. On a observé des effets notables des génotypes sur tous les caractères au niveau de l'ensemble des sites, à l'exception du poids des noix et du décorticage au niveau d'Agotime I. La densité de floraison était comprise entre 2,3 et 30 %, tandis que les rendements cumulés et moyens en noix au cours de la deuxième campagne de production étaient compris entre 30,1 et 190 kg ha⁻¹ et entre 60 et 332 kg ha⁻¹. Le poids des noix et le décorticage étaient également compris entre 5,9 et 8,7 g et 18,5 et 36,4 % respectivement. Les valeurs moyennes de tous les caractères mesurés étaient comparables entre les deux sites d'exploitation. La densité de floraison est en corrélation significative avec les rendements cumulés ($r = 0,64$), le décorticage ($r = 0,79$), l'étendue de la canopée - NS ($r = 0,63$) et l'étendue de la canopée - EO ($r = 0,65$). L'héritabilité au sens large de l'intensité de floraison était élevée (0,43 - 0,97). Les descendances SG 266 × TAN 992 et BE 059 × TAN 992 ont combiné des densités de floraison élevées avec des canopées plus larges et des rendements plus élevés, ainsi qu'un meilleur poids des noix et un meilleur décorticage. Notre étude laisse penser que la génétique joue un rôle modeste à important dans l'explication des différences de la densité de floraison des descendances d'anacardiers et que l'on pourrait s'en servir pour sélectionner des variétés d'anacardiers qui résistent à la sécheresse. Key words: Drought, establishment, clones, heritability and cashew

Mots clés : Densité de floraison, rendement cumulé, rendement moyen, sécheresse et changement climatique.

Introduction

Le cajou est une culture rentable à forte valeur d'exportation pour les pays producteurs (Oliveira 2008 ; Eze *et al.*, 2023). En dépit de son fort potentiel en termes de réduction de la pauvreté et de stimulation du développement, la culture de l'anacarde pâtit d'un faible rendement en noix. Cette situation a été imputée aux périodes de sécheresse prolongées, aux températures élevées et à la baisse des niveaux de fertilité des sols (Adu-Gyamfi *et al.*, 2019) ainsi qu'aux nuisibles et aux maladies (Abdulai *et al.*, 2021). Le cajou se développe bien dans des conditions de précipitations annuelles comprises entre 1 000 à 2 000 mm (Sys *et al.*, 1993 ; Dedzoe *et al.*, 2001) de températures comprises entre 25 et 28 °C (Dendena et Corsi 2014) avec une période de sécheresse accentuée de 5 à 6 mois (Dedzoe *et al.* 2001) pour une productivité optimale. Il se développe bien sur des sols drainés, profonds, ayant une texture légère à moyenne (Dedzoe *et al.*, 2001) ayant un pH compris entre 4,5 et 6,5 (Ngatunga *et al.*, 2001).

La floraison est l'un des processus critiques de la production dans les cultures des fruits à coque (Jameel *et al.* 2018). Toutefois, la sécheresse, qui est le stress abiotique le plus courant, affecte gravement le développement des fleurs et le rendement de plusieurs espèces végétales (Chen *et al.*, 2023). Dans bon nombre de pays producteurs de cajou dans les régions tropicales et subtropicales, la floraison et la fructification coïncident avec la sécheresse annuelle et ces périodes sont caractérisées par un stress hydrique extrême, une faible humidité, des vents épouvantables et des températures élevées (Asante et Amuakwa-Mensah, 2015). L'effet néfaste se produit à plusieurs niveaux des fonctions de la plante, entraînant ainsi une réduction drastique du rendement et un taux élevé de fleurs de cajou séchées (Bello *et al.*, 2017).

La lutte contre la sécheresse constitue une stratégie d'adaptation courante adoptée par les plantes en réponse au stress dû à la sécheresse. Dans cette stratégie, la floraison et la fructification se produisent à un rythme accéléré, afin de réduire l'ensemble du cycle de vie avant qu'une grave sécheresse n'entrave la productivité (Riboni *et al.*, 2016). Certes, les densités de floraison d'espèces arboricoles similaires, telles que les agrumes, ont été influencées par le génotype et la sécheresse (Agusti *et al.*, 2020 ; Mesejo *et al.*, 2022), mais l'ampleur de l'effet du génotype et de l'environnement sur la densité de floraison de l'anacardier n'a pas été déterminée.

L'évaluation des variétés hybrides d'anacardiers sur plusieurs sites a permis aux reproducteurs d'identifier des variétés supérieures pour des environnements spécifiques. L'introduction de cultures vivrières à haut rendement ayant un cycle de végétation court est considérée comme étant une stratégie efficace visant à réduire la pénurie alimentaire (Okatan *et al.*, 2016 ; Lateef *et al.*, 2018). Actuellement, très peu de variétés hybrides au Ghana ont été évaluées sur des sites uniques. (Adu-Gyamfi *et al.*, 2022).

Les objectifs de la présente étude sont les suivants : 1) identifier des variétés hybrides d'anacardiers qui combinent une forte densité de floraison et des rendements élevés ; 2) déterminer l'héritabilité de l'étendue de la canopée - EO, de l'étendue de la canopée - NS, du rendement cumulé, du rendement moyen, du poids des noix, du décorticage et de la densité de floraison ; 3) évaluer la corrélation phénotypique entre l'étendue de la canopée - EO, l'étendue de la canopée - NS, le rendement cumulé, le rendement moyen, le poids des noix, la floraison et la densité de floraison.

MATÉRIAUX ET MÉTHODES

Descendances d'anacardiers, plan expérimental et gestion des cultures

Au total, neuf descendances d'anacardiers F1 ont été évaluées dans le cadre de cette expérience. Dans ce contexte, quatre descendances (BE 059 × TAN 100, BE 059 × TAN 992, BE 059 × TAN 992, SG 287 × TAN 992) ont été évaluées au niveau d'Agotime I, tandis que les quatre autres (BE 059 × TAN 039, BE 107 × TAN 039, SG 266 × TAN 992, SG 287 × TAN 240) ont été évaluées au niveau d'Agotime II par rapport à la norme (SG 287 × TAN 100) sur la plantation des exploitants agricoles. Des pollinisations manuelles ont été effectuées au niveau du site agricole de Wenchi afin de produire les neuf descendances F1. La sélection de ces variétés s'est faite sur la base du rendement et du poids des fruits à coque (Rapports annuels de l'Institut ghanéen de recherche sur le cacao, 2008/2009, page 164). Les plaines d'Affram, dans la zone de transition, sont caractérisées par des précipitations annuelles moyennes de 1 300 mm et des températures annuelles moyennes comprises entre 26,1 et 28,9°C (Lacombe *et al.*, 2012 ; Owusu et Waylen, 2013). Des échantillons de sol ont été prélevés de manière aléatoire à 16 endroits différents sur chacun des sites expérimentaux, à une profondeur de 0 à 15 cm, avant la réalisation de l'essai.

L'essai a été réalisé selon un plan aléatoire en blocs complets en deux répétitions de 12 plantes par croisement/parcelle à un espacement de 10 m × 10 m (100 plantes par hectare) en juin 2019. Les pratiques agronomiques standard pour la production de cajou au Ghana ont été dûment suivies.

Mesure des caractéristiques agronomiques

Les données sur le rendement en noix par parcelle et par an ont été évaluées à partir du poids des noix brutes collectées sur chaque descendance tout au long de la saison de fructification de 2021 à 2023. Les relevés de rendement en noix (NY) ont été obtenus entre octobre et avril de chaque année. Le rendement cumulé a été évalué comme étant la somme des rendements en noix obtenus de chaque descendance au cours des campagnes de 2021 et de 2023 respectivement. Le poids des noix (NW) a été évalué comme étant le poids de 1 kg de noix de cajou brutes divisé par le nombre de noix. Le pourcentage de décorticage a été calculé comme (poids des amandes saines divisé par le poids des noix brutes) × 100 pour chaque descendance. L'étendue de la canopée a été mesurée en marquant chaque anacardier sur le côté au Nord, au Sud, à l'Est et à l'Ouest à l'aide d'un dispositif GPS. Les mesures ont été prises de l'Est vers l'Ouest (EO) et du Nord vers le Sud (NS) à l'aide d'un mètre à ruban au cours de la saison de culture 2023. La densité de floraison a été enregistrée pendant la période de floraison en décembre sur la base d'une note visuelle où 0 correspond à aucune fleur, 25 correspond à 1/4 de la canopée revêtu de fleurs, 50 correspond à la moitié de la canopée revêtu de fleurs, 75 correspond à 3/4 de la canopée revêtu de fleurs et 100 correspond à une pleine floraison.

Analyse statistique

Concernant les données obtenues, les valeurs au niveau de la parcelle ont été utilisées dans des analyses de variance (ANOVA) après des essais de normalité (basés sur une représentation graphique des résidus). L'analyse a été effectuée de manière distincte pour chaque site dans la mesure où les descendances n'étaient pas identiques entre les deux sites. Les descendances F1 ont été analysées en vue de tester les différences notables en recourant aux valeurs moyennes des caractéristiques sur l'ensemble des années, les descendances étant considérées comme un effet fixe et les répétitions comme un facteur aléatoire, à l'aide du logiciel statistique GenStat, version 12 (VSN International Ltd., Hemel Hempstead, UK).

Le modèle ci-après a été utilisé pour l'analyse de la localisation :

$$Y_{ijk} = \mu + B_j + G_j + L_k + GL_{jk}$$

Où,

Y_{ijk} = valeur observée des caractéristiques du génotype j dans le bloc i de l'environnement k , μ =moyenne générale, B_i =effet du bloc, G_j =effet du génotype, L_k = effet de l'environnement, et ϵ_{ijk} = erreur (effet résiduel) du génotype j dans le bloc i de l'environnement k . Le test de Duncan des intervalles multiples (DMRT) a été utilisé pour tester les différences entre les moyennes à un niveau de probabilité de 5 %. Les variances phénotypique, génotypique et environnementale ont été calculées selon la formule proposée par Singh et Chaudery (1999) comme suit :

$$\text{Variance environnementale } (\sigma^2 E) = \text{MSE}$$

$$\text{Variance génotypique } (\sigma^2 G) = (\text{MSG} - \text{MSE})/b$$

$$\text{Variance phénotypique } (\sigma^2 P) = \sigma^2 G + \sigma^2 E$$

Où MSE équivaut à l'erreur quadratique moyenne (variance environnementale), MSG est le carré moyen attribuable à la descendance, et b correspond au nombre de blocs. Les héritabilités au sens large ont été calculées comme étant le rapport entre la variance génotypique et la variance phénotypique, comme suit :

$$h^2 b = \sigma^2 G / \sigma^2 P$$

Où $h^2 b$, $\sigma^2 G$, et $\sigma^2 P$ équivalent respectivement à l'héritabilité au sens large, à la variance génétique et la variance phénotypique. Les estimations du coefficient de corrélation de Pearson entre les caractéristiques ont été classées comme faibles (- 0,30 à 0,30), modérées (-0,50 à - 0,30 et 0,30 à 0,50), fortes (- 0,90 à -0,50 et 0,50 à 0,90) et très fortes (-1,0 à -0,9 et 0,9 à 1,0). Les corrélations phénotypiques entre les caractères ont été calculées à l'aide de META-R (Alvarado *et al.* 2018). L'analyse du rendement en noix et du poids des noix a utilisé des données sur le rendement en noix sur deux ans (2021-2023), des données sur le décorticage sur deux ans et des données sur le poids des noix sur deux ans (2021 - 2023), respectivement. L'analyse de l'étendue de la canopée de l'Est à l'Ouest et du Nord au Sud a également utilisé les mesures de juin 2023.

Résultats

Analyse du sol

Les sols étaient principalement des lithosols ayant un pH de réaction basique de 7,3 et 7,0 au niveau d'Agotime I et II respectivement (Tableau 1). À l'exception de la teneur en phosphore total, qui était supérieure de 100 % et de 50 % aux niveaux recommandés sur les sites d'Agotime I et d'Agotime II, les teneurs en azote, en magnésium, en carbone et en potassium étaient inférieures à celles indiquées dans les rapports de Dedzoe et al. (2001) respectivement. À titre de comparaison, tous les niveaux de nutriments observés à Agotime I étaient plus élevés que ceux d'Agotime II et, sur la base de la composition chimique de ces sols, les sols d'Agotime I semblaient être plus fertiles que ceux d'Agotime II.

Tableau 1. Caractéristiques du sol des sites expérimentaux à une profondeur de 0 à 15 cm

Paramètres du sol	Emplacement		Valeurs critiques
	Agotime I	Agotime II	
pH du sol	7.26	6.99	5.2-7.5
C organique (%)	0.80	0.60	2 %
Total N (%)	0.05	0.05	0.10 %
P disponible. (ppm)	22.25	16.30	>10ppm
Exch. Mg (cmolc kg ⁻¹)	0.72	0.58	0,8 cmolc kg ⁻¹

Génotype et environnement

L'analyse de la variance a permis de révéler des effets significatifs des génotypes ($P < 0,05$) sur la densité de floraison, l'étendue de la canopée - EO, l'étendue de la canopée - NS, le rendement moyen et le rendement cumulé tant au niveau d'Agotime I que d'Agotime II, à l'exception du poids des noix qui n'était significatif qu'au niveau d'Agotime II (Tableaux 2 et 3). Les densités de floraison à Agotime I et à Agotime II ont enregistré des variations de 8,1 à 29,8b % et de 2,3 à 22,4 % respectivement (Tableau 4). Les descendance SG 287 × TAN 240, SG 266 × TAN 992 et BE 059 × TAN 039 ont donné des densités de floraison significativement ($p < 0,05$) plus élevées que la norme (SG 287 X TAN 100) à Agotime I, tandis que BE 059 × TAN 100, BE 059 × TAN 992, SG 138 × TAN 100 et SG 287 × TAN 992 ont significativement ($p < 0,05$) excédé la norme à Agotime II (Tableau 5). Aucune différence notable n'a été observée au niveau de la densité de floraison entre les deux sites.

L'étendue de la canopée au niveau d'Agotime I et d'Agotime II se situait entre 2,5 et 6,0 m dans l'EW et entre 2,4 et 5,6 m dans le NS, et entre 1,5 et 4,9 m pour l'EW et entre 1,5 et 4,4 m pour le NS, respectivement (Tableaux 4 et 5). Comme pour les densités de floraison, les descendance SG 287 × TAN 240, SG 266 × TAN 992 et BE 059 × TAN 039 à Agotime I et BE 059 X TAN 100, BE 059 X TAN 992, SG 138 X TAN 100 et SG 287 X TAN 992 à Agotime II ont produit une canopée significativement ($p < 0,05$) plus large que la norme (SG 287 X TAN 100). Les différences observées dans l'étendue de la canopée sur les deux sites n'étaient pas significatives.

Le rendement moyen a enregistré une variation de 30 et 166 kg ha⁻¹ et de 53 et 190 kg ha⁻¹ à Agotime I et à Agotime II respectivement (Tableaux 4 et 5). Au niveau d'Agotime I, SG 266 × TAN 992 a produit le rendement le plus élevé de 166 kg ha, suivi de près par les variétés standard SG 287 × TAN 100 et SG 287 × TAN 240 avec des rendements respectifs de 164,4 kg ha⁻¹ et 134,5 kg ha⁻¹. En revanche, BE 107 × TAN 039 et BE 059 × TAN 039 ont donné des rendements moyens nettement inférieurs à ceux de la norme. Au niveau d'Agotime II, SG 287 × TAN 100 a donné le rendement moyen le plus élevé, soit 190 kg ha⁻¹, suivi de BE 059 × TAN 992 avec des rendements de 145 kg ha⁻¹. BE 059 X TAN 100 a donné le rendement moyen le plus faible, soit 53 kg ha⁻¹.

D'autre part, les rendements cumulés ont également enregistré une variation de 60,3 - 332,1 kg ha⁻¹ et 106 - 293 kg ha⁻¹ à Agotime I et à Agotime II respectivement (Tableaux 4 et 5). Au niveau d'Agotime I, SG 266 × TAN 992 a produit le rendement cumulé le plus élevé (332,1 kg ha⁻¹), suivi de SG 287 × TAN 240 et de la norme (SG 287 × TAN 100). Les descendance BE 107 × TAN 039 et BE 059 × TAN 039 ont donné les rendements cumulés les plus faibles. Pendant ce temps, à Agotime II, BE 059 × TAN 992 a produit le rendement cumulé le plus élevé de 293 kg ha⁻¹, suivi par SG 287 × TAN 992, SG 287 × TAN 100 et SG 138 × TAN 100 qui ont enregistré des rendements de 190, 156 et 148 kg ha⁻¹. La descendance BE 059 × TAN 100 a donné le rendement cumulé le plus faible, soit 106 kg ha⁻¹. Les rendements moyens et cumulés n'étaient pas significativement différents d'un site à un autre.

Le poids des noix a également enregistré des variations allant de 5,9 à 8,7 g à Agotime II (Tableau 5). Sur ce site, BE 059 X TAN 992 a donné le poids de noix le plus élevé (8,7 g), suivi de près par la norme (SG 287 X TAN 100), BE 059 X TAN 100 et SG 138 X TAN 100 dont les noix ont des poids de 8,2 g, 7,3 g et 7,3 g respectivement. Dans l'ensemble, les descendance SG 266 × TAN 992, SG 287 × TAN 240 et BE 059 × TAN 992 ont combiné des densités de floraison élevées avec des canopées plus larges, des rendements cumulés plus élevés et de meilleures valeurs au niveau des poids et du décortiquage des noix.

Estimations de l'héritabilité et corrélations entre les caractéristiques

Selon les estimations, l'héritabilité était comprise entre élevée et modérée sur les deux sites (Tableaux 2 et 3). Au niveau d'Agotime I, l'estimation d'héritabilité la plus élevée a été enregistrée pour le rendement moyen en noix (0,95), suivi par la densité de floraison (0,93), l'étendue de la canopée-EO (0,89), l'étendue de la canopée NS (0,87), le rendement cumulé (0,64), le poids des noix (0,14) et le décortiquage (0,08) (Tableau 2). Les estimations de l'héritabilité à Agotime II sont les plus élevées pour le décortiquage (0,71), suivi du poids des noix (0,70), du rendement moyen (0,57), de l'étendue de la canopée - EO (0,47), de l'étendue de la canopée - NS (0,48), de la densité de floraison (0,43) et du rendement cumulé (0,13) (Tableau 3).

Une corrélation positive significative a été enregistrée entre la densité de floraison et le rendement cumulé (0,64), l'étendue de la canopée - EO (0,65) et l'étendue de la canopée - NS (0,62) et le décortiquage (%) (0,79). Le décortiquage (%) est également en corrélation positive avec l'étendue de la canopée - EO (0,70), l'étendue de la canopée - NS (0,70). Le rendement moyen est également en corrélation positive avec le rendement cumulé (0,74) (Tableau 6). En revanche, une corrélation négative significative a été enregistrée entre le poids des noix et le

décorticage (- 0,67) (Tableau 6).

Tableau 2. Carré moyen de l'analyse de variance pour l'étendue de la canopée - EO, l'étendue de la canopée - NS, le rendement cumulé, le rendement moyen, le poids des noix, le décorticage et la densité de floraison (%) de cinq descendances d'anacardiers évaluées à Agotime I dans les plaines d'Affram au Ghana.

Source	Df	Étendue de la canopée - EO(m)	Étendue de la canopée -NS (m)	Rendement cumulé (kg ha)-1	Rendement moyen (kg ha)-1	Poids des noix (g)	Décorticage (%)	Densité de floraison (%)
Bloc	1	0.05	0.15	1364	2063.6	5.9	161.3	24.4
Descendance	4	3.1**	2.67**	22903***	7157.3***	2.4	82.3	210.6***
Résidu	3	0.18	0.18	5093	193.4	0.4	14.2	7.6
$\sigma^2 G$	4	1.46	1.25	8905	3481.9	0.9	34.0	101.5
$\sigma^2 P$		1.64	1.43	13998	3675.4	1.4	48.2	109.1
Héritabilité		0.89	0.87	0.64	0.95	0.71	0.71	0.93

*, **, ***Significativement différents à $p \leq 0,05$ $p \leq 0,01$ et $p \leq 0,001$, respectivement. Variance génotypique ($\sigma^2 G$), variance environnementale ($\sigma^2 E$).

Tableau 3. Carré moyen de l'analyse de variance pour l'étendue de la canopée - EO, l'étendue de la canopée, le rendement cumulé, le rendement moyen, le poids des noix, le décorticage et la densité de floraison de cinq descendances d'anacardiers évaluées à Agotime II dans les plaines d'Affram au Ghana.

Source	Df	Étendue de la canopée - EO (m)	Étendue de la canopée -NS (m)	Rendement cumulé (kg ha)-1	Rendement moyen (kg ha)-1	Poids des noix (g)	Décorticage (%)	Densité de floraison (%)
Bloc	1	0.1	0.5	43650	10041	0.83	8.6	12.8
Descendance	4	3.8*	3.4*	9980*	6057*	1.2	26.1	123.2***
Résidu	3	1.4	1.2	7753	1681	1.6	22.3	48.8
$\sigma^2 G$	4	1.2	1.105	1113.5	2188	0.2	1.9	37.2
$\sigma^2 E$		2.6	2.305	8866.5	3869	1.4	24.2	86.0
Héritabilité		0.47	0.48	0.13	0.57	0.14	0.10	0.43

*, **, ***Significativement différents à $p \leq 0,05$ $p \leq 0,01$ et $p \leq 0,001$, respectivement. Variance génotypique ($\sigma^2 G$), Variance environnementale ($\sigma^2 E$).

Tableau 4. Moyenne de l'étendue de la canopée - EO des anacardiers, de l'étendue de la canopée - NS, du rendement cumulé, du rendement moyen, du poids des noix, du décorticage et de la densité de floraison de cinq descendances d'anacardiers évaluées à Agotime I dans les plaines d'Affram, au Ghana, de 2022 à 2023.

Génotype	Étendue de la canopée-NS (m)	Étendue de la canopée-EO (m)	Densité de floraison (%)	Rendement moyen (kg ha)-1	Rendement cumulé (kg ha)-1	Décorticage (%)	Poids des noix (g)
BE 107 X TAN 039	4.1a	4.1a	8.1a	30.1a	60.3a	27.4a	8.4a
BE 059 X TAN 039	4.5a	4.7a	19.5b	73.9b	148b	31.6a	7.3a
SG 287 X TAN 100	2.4c	2.57c	9.0a	164.4c	244cb	23.4a	7.6a
SG 287 X TAN 240	5.6b	6.0b	29.8b	134.5c	269cb	30.9a	6.2a
SG 266 X TAN 992	4.1a	4.3a	28.3b	166c	332.1c	32.0a	7.7a
Moyenne	4.1	4.3	18.9	113.8	210.7	29.1	7.5

Les lettres différentes, les données distinctes sur les valeurs moyennes de l'étendue de la canopée, du rendement, du rendement cumulé, du poids des noix, de la densité de floraison et du décorticage (%) indiquent une différence notable au niveau $p \leq 0,05$ sur la base du test de gamme multiple de Duncan.

Tableau 5. Moyenne de l'étendue de la canopée - EO des anacardiers, de l'étendue de la canopée - NS, du rendement cumulé, du rendement moyen, du poids des noix, du décorticage et de la densité de floraison de cinq descendances d'anacardiers évaluées à Agotime II dans les plaines d'Affram, au Ghana, de 2022 à 2023.

Génotype	Étendue de la canopée-NS (m)	Étendue de la canopée-EO (m)	Étendue de la canopée NS (m)	Densité de floraison (%)	Rendement moyen (kg ha ⁻¹)	Rendement cumulé (kg ha ⁻¹)	Poids des noix (g)	Décortication (%)
BE 059 X TAN 100	4.1a	4.4ac	4.3ac	11.1a	53a	106a	7.3ab	25.3ac
BE 059 X TAN 992	4.5a	4.0ac	4.0ac	17.0c	145b	293bc	8.7b	26.3ac
SG 138 X TAN 100	2.4c	5.1c	4.9c	7.7a	78a	148ab	7.3ab	27.6ac
SG 287 X TAN 100	5.6b	1.5b	1.5b	2.3b	190b	156ab	8.2ab	18.5a
SG 287 X TAN 992	4.1a	4.2ac	4.1ac	22.4c	95a	190b	5.9a	36.4bc
Moyenne	4.1	3.8	3.8	12.1	112	178.6	7.6	26.8

Les lettres différentes, les données distinctes sur les valeurs moyennes de l'étendue de la canopée, du rendement, du rendement cumulé, du poids des noix, de la densité de floraison et du décortication (%) indiquent une différence notable au niveau $p \leq 0,05$ sur la base du test de gamme multiple de Duncan.

Tableau 6. Coefficients de corrélation phénotypique pour l'étendue de la canopée - EO des anacardiens, l'étendue de la canopée - NS, le rendement cumulé, le rendement moyen, le poids des noix, le décortication et la densité de floraison de cinq descendance d'anacardiens évaluées à Agotime I & II dans les plaines d'Affram au Ghana de 2022 à 2023.

Caractéristique	Rendement cumulé (kg ha ⁻¹)	Densité de floraison (%)	Rendement moyen (kg ha ⁻¹)	Poids des noix (g)	Rendement moyen (kg ha ⁻¹)	Décortication (%)	Poids des noix (g)
Floraison	0.64*	-			-		
Rendement moyen	0.74**	0.12	-	-	-0.67*		
Poids des noix	-0.07	-0.55	0.15	-0.67*	-0.52	-	
Décortication	0.22	0.79**	-0.33	-0.52	-0.48	0.70**	
Étendue de la canopée (EW)	0.10	0.65*	-0.49	-0.48	95a	0.70**	0.99***
Étendue de la canopée (NS)	0.05	0.62*	-0.55	-0.55	112	178.6	0.98***

* : $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

Discussion

Dans l'étude, on a observé de grandes variations en termes de densité de floraison au niveau des deux sites d'essai. Nous avons relevé de fortes estimations d'héritabilité (0,43 - 0,93) pour la densité de floraison au niveau de l'anacardier, ce qui est comparable aux estimations signalées pour d'autres espèces comme la mangue (0,79) (Sankaran *et al.*, 2020) et l'alfafa (Adhikari *et al.*, 2019). L'héritabilité élevée de la densité de floraison montre le contrôle génétique inhérent de la floraison, comme c'est le cas pour d'autres cultures. Étant donné que la floraison constitue une caractéristique importante pour la sélection, la présence d'une variation de la densité de floraison au niveau de l'anacardier indique qu'il existe un grand potentiel de manipulation de son expression. De même, le contrôle génétique de l'étendue de la canopée - EO, de l'étendue de la canopée - NS, du rendement cumulé, du rendement moyen, du poids des noix et du rendement final était élevé à Agotime I. En revanche, les faibles estimations d'héritabilité obtenues pour le décortication (0,10), le poids des noix (0,14) et le rendement cumulé (0,13) à Agotime II, où les niveaux de nutriments du sol étaient comparativement faibles (Tableau 1), pourraient signifier qu'il sera difficile de sélectionner ces caractéristiques dans des conditions environnementales de sol pauvre. Des résultats similaires ont été signalés par Adu-Gyamfi *et al.* (2019).

Les corrélations positives notables observées entre la densité de floraison et d'autres composantes liées au rendement (rendement cumulé, décortication, étendue de la canopée-EO, étendue de la canopée -NS) indiquent que la sélection de la densité de floraison pourrait améliorer le rendement en noix. Cette constatation laisse penser que les descendance d'anacardiens peuvent utiliser un taux de densité de floraison accéléré en vue d'éviter le stress dû à la sécheresse et de garantir des rendements élevés. Nos constatations sont cohérentes avec celles de Kumar et Abbo (2001) qui ont souligné que les plantes à forte densité de floraison dans les premiers mois de la saison pouvaient mûrir tôt pour éviter le stress dû à la sécheresse à la phase terminale. En outre, la performance supérieure observée chez les descendance SG 266 × TAN 992 et BE 059 × TAN 992 qui combinent de fortes densités de floraison au niveau des canopées plus larges, des rendements cumulés et moyens plus élevés assortie d'une meilleure qualité de noix laisse penser que ces descendance pourraient éventuellement posséder des allèles permettant de résister à la sécheresse qui assurent une productivité élevée et une meilleure tolérance au stress dû à la sécheresse. Ils pourraient donc être utilisés comme donneurs pour développer des espèces hybrides d'anacardiens résistant à la sécheresse. Néanmoins, si notre étude se limite à l'évaluation de neuf descendance dans la zone de transition, d'autres études sont nécessaires pour identifier les descendance adaptées à des zones agro-écologiques spécifiques de la ceinture de cajou.

En revanche, SG 138 × TAN 100 et la norme (SG 287 × TAN 100) ont produit de faibles densités de floraison, tout en maintenant des rendements moyens et cumulés appréciables. Ce constat laisse penser que certaines descendance d'anacardiens peuvent employer d'autres stratégies pour maintenir un rendement élevé en cas de stress dû à la sécheresse. Il est important de noter que si les noix ayant un poids plus élevé (> 7 g) peuvent être vendues au prix élevé, SG 287 × TAN 240 dans la présente étude a produit des noix de faible poids (6,2 g), mais

a combiné des densités de floraison élevées avec des rendements moyens et cumulés élevés. Dans ces conditions, les efforts d'introggression impliquant l'utilisation d'accessions brésiliennes avec des noix de grande taille sont soulignés (Aliyu et Awopetu, 2011 ; Adu-Gyamfi *et al.*, 2022)..

Il existe un potentiel de gains considérables pour accroître le rendement de l'anacarde dans les environnements fortement exposés à la sécheresse en accélérant les densités de floraison. Cela serait important dans la sous-région de l'Afrique de l'Ouest, où l'anacardier est cultivé dans les zones semi-arides. Les caractéristiques de la densité de floraison élevée peuvent être transférées aux variétés de cajou recommandées par le biais de l'hybridation avec du matériel à floraison précoce. La sélection de variétés de cajou à floraison précoce qui fonctionnent bien dans les régions tropicales et subtropicales du monde augmentera sans aucun doute la production mondiale de cajou et contribuera à développer des variétés résistantes au changement climatique.

Conclusion

Dans l'ensemble, notre étude suggère un contrôle génétique élevé de la densité de floraison, du rendement cumulé, du rendement moyen, de l'étendue de la canopée - NS, de l'étendue de la canopée - EO, du poids des noix sous des niveaux d'éléments nutritifs du sol presque optimaux. Cela implique que les caractéristiques de la densité de floraison peuvent être directement sélectionnées pour améliorer le rendement dans des conditions de sécheresse. Cependant, dans des conditions environnementales de faibles niveaux de nutriments du sol, la sélection pour le rendement cumulé, le poids des noix et le décorticage sera inefficace. Les descendances SG 266 × TAN 992 et BE 059 × TAN 992 ont combiné des densités de floraison élevées avec des canopées plus larges, des rendements cumulés et moyens plus élevés avec une meilleure qualité de noix. Certes, notre étude se limite à une seule écologie, mais le potentiel de ces descendances pourrait être validé par des essais sur de multiples sites.

Remerciements

Les auteurs souhaitent exprimer leur gratitude à M. Michael Brako et M. Eric Nkansah de la Division de l'amélioration des plantes de l'Institut ghanéen de recherche sur le cacao pour leur aide inestimable dans la collecte des données relatives à la croissance et au rendement.

Référence

- Abdulai M, Santo K, Norshie P, Larbi-Koranteng S, Ackah F, Afreh D, et Mohamed A (2021) Diseases and Insect Pests associated with Cashew (*Anacardium occidentale* L.) Orchards in Ghana. *European Journal of Agriculture and Food Sciences* 3, 23-32.
- Adhikari L, Makaju SO, et Missaoui AM (2019) QTL mapping of flowering time and biomass yield in tetraploid alfalfa (*Medicago sativa* L.). *BMC Plant biology* 19, 1-15.
- Adu-Gyamfi PK, Barnnor M, Akperterey A, et Padi F (2022) Genetic Variability and Combining Abilities for Earliness to Nut Yield and Nut Weight in Selected Cashew (*Anacardium Occidentale* L.) Clones. *International Journal of Fruit Science* 22, 539-550.
- Adu-Gyamfi PK, Dadzie MA, Barnor M, Akperterey A, Arthur A, Osei-Akoto S, Ofori A, et Padi F (2019) Genetic variability and trait association studies in cashew (*Anacardium occidentale* L.). *Scientia horticulturae* 255, 108-114.
- Agustí M, Mesejo C, Muñoz-Fambuena N, Vera-Sirera F, de Lucas M, Martínez-Fuentes A, Reig C, Iglesias DJ, Primo-Millo E, et Blázquez MA (2020) Fruit-dependent epigenetic regulation of flowering in Citrus. *New Phytologist* 225, 376-384.
- Aliyu OM, Awopetu JA (2011) Variability Study on Nut Size and Number Trade-Off Identify a Threshold Level for Optimum Yield in Cashew (*Anacardium occidentale* L.). *International Journal of Fruit Science* 11, 342-363.
- Alvarado G, López M, Vargas M, Pacheco Á, Rodríguez F, Burgueño J, et Crossa J, 2018. META-R (Multi Environment Trial Analysis with R for Windows) Version 6.03. CIMMYT Research Data & Software Repository Network,
- Asante FA, et Amuakwa-Mensah F (2015) Climate change and variability in Ghana: Stocktaking. *Climate* 3, 78-99.
- Bello D, Ahoton L, Saidu A, Akponikpè I, Ezin V, Balogoun I, et Aho N (2017) Climate change and cashew (*Anacardium occidentale* L.) productivity in Benin (West Africa): perceptions and endogenous measures of adaptation. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 11, 924-946.
- Chen M, Zhang T-L, Hu C-G, et Zhang J-Z (2023) The Role of Drought and Temperature Stress in the Regulation of Flowering Time in Annuals and Perennials. *Agronomy* 13, 3034.
- Dedzoe C, Senayah J, et Asiamah R (2001) Suitable agro-ecologies for cashew (*Anacardium occidetale* L) production in Ghana. *West African Journal of Applied Ecology* 2,
- Dendena B, et Corsi S (2014) Cashew, from seed to market: a review. *Agronomy for sustainable development* 34, 753-772.
- Eze AV, Macharia I, et Ngare L (2023) Economic viability of value-added cashew products processed in Southeast zone, Nigeria. *Heliyon* 9, e12791.
- Jameel MA, Naik SR, Madhumathi C, Reddy DS, et Venkataramana K (2018) Physiology of flowering in mango. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7, 2375-2382.
- Kumar J, et Abbo S (2001) Genetics of flowering time in chickpea and its bearing on productivity in semiarid environments.
- Lacombe G, McCartney M, et Forkuor G (2012) Drying climate in Ghana over the period 1960–2005: evidence from the resampling-based Mann-Kendall test at local and regional levels. *Hydrological Sciences Journal* 57, 1594-1609.

Lateef EA, Salam MA, Selim M, Tawfik M, Mohamad, et Farrag A (2018) Effect of climate change on mungbean growth and productivity under egyptian conditions. *International Journal of Agriculture, Forestry and Life Sciences* 2, 16-23.

Mesejo C, Marzal A, Martínez-Fuentes A, Reig C, de Lucas M, Iglesias DJ, Primo-Millo E, Blazquez MA, et Agustí M (2022) Reversion of fruit-dependent inhibition of flowering in Citrus requires sprouting of buds with epigenetically silenced CcMADS19. *New Phytologist* 233, 526-533.

Ngatunga E, Cools N, Dondeyne S, et Deckers J (2001) Soil suitability for cashew production in southeast Tanzania. *The Land* 5, 3-16.

Okatan V, Polat M, et AŞKIN MA (2016) SOME PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF BLACK MULBERRY (*MORUS NIGRA* L.) IN BITLIS. *Scientific Papers-Series B, Horticulture* 27-30.

Oliveira VHd (2008) Cashew crop. *Revista Brasileira de Fruticultura* 30, 0-0.

Owusu K, Waylen PR (2013) The changing rainy season climatology of mid-Ghana. *Theoretical and Applied Climatology* 112, 419-430.

Riboni M, Robustelli Test A, Galbiati M, Tonelli C, et Conti L (2016) ABA-dependent control of GIGANTEA signalling enables drought escape via up-regulation of FLOWERING LOCUS T in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Experimental Botany* 67, 6309-6322.

Sankaran M, Dinesh MR, Gowda D, et Venugopalan R (2020) Genetic analysis in mango (*Mangifera indica* L.) based on fruit characteristics of 400 genotypes. *Journal of Horticultural Sciences* 15, 161-172.

Sys C, Van Ranst E, J D, et F B (1993) 'Land Evaluation Part 3: Crop Requirements Agricultural Publications n° 7.' (G.A.D.C.: Bruxelles, Belgique)

Oliveira VHd (2008) Cashew crop. *Revista Brasileira de Fruticultura* 30, 0-0.

Owusu K, Waylen PR (2013) The changing rainy season climatology of mid-Ghana. *Theoretical and Applied Climatology* 112, 419-430.

Riboni M, Robustelli Test A, Galbiati M, Tonelli C, et Conti L (2016) ABA-dependent control of GIGANTEA signalling enables drought escape via up-regulation of FLOWERING LOCUS T in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Experimental Botany* 67, 6309-6322.

Sankaran M, Dinesh MR, Gowda D, et Venugopalan R (2020) Genetic analysis in mango (*Mangifera indica* L.) based on fruit characteristics of 400 genotypes. *Journal of Horticultural Sciences* 15, 161-172.

Sys C, Van Ranst E, J D, et F B (1993) 'Land Evaluation Part 3: Crop Requirements Agricultural Publications n° 7.' (G.A.D.C.: Bruxelles, Belgique)



HIGH-END **CASHEW** COLOR SORTER EQUIPPED WITH AI DEEP LEARNING TECHNOLOGY



100+

countries and regions
Meyer machines work in

100,000+

machines in
operation worldwide

60,000+

worldwide
customers

WORLD-LEADING SUPPLIER OF INTELLIGENT IDENTIFICATION EQUIPMENT

📍 Add: NO.668, West Wangjiang Rd, Hefei, China

✉ Email: foodsafety@meyerop.com

☎ Tel/Fax: 0086-551-65317548

🌐 Website: foodsafety.meyerop.com/en



DÉTERMINANTS DES RECETTES D'EXPORTATION DES NOIX DE CAJOU AU NIGÉRIA

1Lawal, J.O et J.O. Okonkwo2

1Division de l'économie et de la vulgarisation, Institut nigérien de recherche sur le cacao

2Département d'économie agricole, Université d'État d'Osun, Nigéria

Auteur correspondant : yemisilawal2003@yahoo.com

Résumé

La dernière tendance concernant la noix de cajou indique un taux de croissance mondial allant de 7 à 10 % par an. Les prix des noix de cajou au Nigéria, aussi bien sur les marchés locaux qu'internationaux, ont un impact significatif sur sa production. Un ensemble de données secondaires a été extrait des bases de données de la FAO et de FAOSTAT sur la production de noix de cajou au Nigéria et la quantité de la production destinée à l'exportation, la valeur de la quantité de noix de cajou exportée, les prix payés aux producteurs de noix de cajou, le produit intérieur brut (PIB), les taux d'intérêt, les taux d'inflation et le taux de change pour la période couverte par l'étude. Les données extraites ont été analysées à l'aide de moyennes, d'écart types, de coefficients de variation, de pourcentages et de taux de croissance moyens. Celles-ci ont été utilisées pour analyser les tendances de la production de noix de cajou, les quantités exportées et les recettes d'exportation de noix de cajou. L'examen des données de séries chronologiques stationnaires a été réalisé à l'aide du test de Dickey-Fuller augmenté (ADF). La méthode de Johansen a permis de vérifier la co-intégration entre les variables du modèle. Le mécanisme de correction d'erreurs (ECM) a permis d'étudier les facteurs influençant les recettes d'exportation de la noix de cajou.

Les résultats ont révélé des tendances fluctuantes de la production de noix de cajou entre 1980 et 2021, la production annuelle moyenne correspondant à 241 315 TM au cours de cette période. On note une forte fluctuation du pourcentage de variation annuelle de la production de noix de cajou, comprise entre -0,52 et 37,72 %, soit une moyenne de 0,56 % au cours de la période couverte par l'étude. Le coefficient de variation reflète un haut degré d'instabilité de la production de noix de cajou, compris entre 0,00 et 99,68 % au cours de la période couverte par l'étude. Les résultats des tests de racine unitaire effectués à l'aide du test de l'ADF montrent que les valeurs des variables du modèle ne sont pas stationnaires à leurs valeurs initiales, mais deviennent stationnaires après la première différence. L'analyse de co-intégration de Johansen indique une relation à long terme entre les variables.

Il ressort donc de cette étude que les variables macroéconomiques telles que le produit intérieur brut, le taux d'inflation et le taux de change, ainsi que la production et l'offre à l'exportations de noix de cajou représentent des déterminants significatifs des recettes d'exportation de noix de cajou au cours de la période sous revue.

Mots-clés : Noix de cajou, Exportation, Nigéria

Introduction

L'une des cultures de rente les plus connues au monde aujourd'hui est le cajou (*Anacardium occidentale* L.), une culture arboricole originaire du Brésil et cultivée à l'origine pour contribuer à la prévention de l'érosion des sols (Ogunwolu et al., 2020). Aujourd'hui, le cajou fournit aux populations et aux pays des matières premières, de la nourriture et des revenus (Ogunwolu et al., 2020). Le cajou est une culture de rente importante qui présente un énorme potentiel en termes de production de devises, d'emploi et de lutte contre la désertification au Nigéria. Cette culture est une matière première industrielle importante, et la demande dans les secteurs de l'alimentation, des boissons et de la confiserie est en hausse. Ce produit de base connaît également une hausse de la demande industrielle sur les marchés mondiaux. Le niveau de la concurrence à l'étranger et les résultats de l'action en matière de politiques détermineront l'ampleur de la hausse de la production de cajou au fil du temps (Alawode et Adeniranye, 2020). Au Nigéria, le cajou est cultivé partout et présente un fort potentiel d'exportation, la production ayant lieu dans 27 des 36 États du pays et dans chaque région géopolitique. Au Nigéria, 7 à 8 % des recettes d'exportation non pétrolières proviennent des exportations de la noix de cajou. La commercialisation du cajou apporte un complément de revenus à environ 50 000 exploitants agricoles et à 55 000 autres personnes engagées dans la chaîne de valeur du cajou, la valeur estimée des exportations se situant entre 25 et 35 millions de dollars EU par an (ITC, 2011).

Le cajou contribue de manière significative à la croissance économique du Nigéria et on note de nombreuses divergences dans les données sur le rendement. En 2015, la production nationale de noix de cajou brutes était estimée à 836 500 TM sur 366 000 hectares, soit un rendement moyen de 2 286 kg/ha (Adeigbe et al, 2015). En 2017, cette culture a rapporté environ 24 milliards de Nairas grâce aux exportations (Lawal et Uwagboe, 2017). Cette culture présente un fort potentiel d'investissement et d'exportation. Les exportations ont enregistré un montant annuel moyen de 33,10 millions de dollars EU pour le produit au cours de la même période. En 2020, les exportations de noix de cajou au Nigéria ont généré environ 192 millions de dollars EU (Statista, 2022). La valeur maximale a été obtenue grâce à la commercialisation des noix non décortiquées. L'année précédente, un montant plus élevé d'environ 229 millions de dollars EU avait été exporté et cette année-là, un pic d'environ 342 millions de dollars EU avait été atteint (Statista, 2022). La hausse continue des recettes d'exportation des noix de cajou dépendra de la production, de l'offre d'exportation, de la compétitivité internationale et des effets de l'intervention en matière de politiques. La présente étude a donc pour but d'examiner les chiffres moyens et les tendances de la production et de l'offre d'exportation de noix de cajou au Nigéria et de déterminer les variables macroéconomiques qui affectent les recettes de noix de cajou au Nigéria.

Matériels et méthodes

La taille de l'échantillon correspond à quarante (40) années de données de séries chronologiques annuelles couvrant la période allant de 1980 à 2020. L'ensemble des données a été extrait de sources secondaires. Ces sources comprennent les publications de la FAO et de FAOSTAT.

La collecte de ces données a porté spécifiquement sur la production de noix de cajou au Nigéria et la quantité de la production destinée à l'exportation, la valeur de la quantité de noix de cajou destinées à l'exportation, les prix payés aux producteurs de noix de cajou, le produit intérieur brut (PIB), les taux d'intérêt, les taux d'inflation et le taux de change pour la période couverte par l'étude (1980-2020). La quantité de noix de cajou produite et exportée par le Nigéria a été mesurée en tonnes métriques (TM), la valeur de la quantité de noix de cajou exportée et les prix payés aux producteurs de noix de cajou ont été mesurés en millions de dollars EU (USD), les taux d'inflation ont été mesurés en pourcentage, le taux de change a été mesuré en nombre de Nairas échangés contre des dollars EU, le taux d'intérêt dans l'économie a été mesuré en pourcentage et le PIB a été mesuré en millions de dollars EU.

Les moyennes, l'écart-type, les coefficients de variation, les pourcentages et le taux de croissance moyen ont été utilisés pour analyser les tendances de la production de noix de cajou, des quantités exportées et des recettes d'exportation de noix de cajou. La statistique de Dickey-Fuller augmentée a été utilisée pour examiner la stationnarité des données de séries chronologiques. La méthode de Johansen a été utilisée pour vérifier la co-intégration entre les variables du modèle. Le mécanisme de correction d'erreurs (ECM) a été utilisé pour étudier les facteurs influençant les recettes d'exportation de noix de cajou au cours de la période couverte par l'étude en utilisant le modèle implicite spécifié comme suit :

$$\Delta \ln Y_t = \alpha_1 + \alpha_2 \Delta \ln Y_{t-1} + \alpha_3 \Delta \ln X_{2t-1} + \alpha_4 \Delta \ln X_{3t-1} + \alpha_5 \Delta \ln X_{4t-1} + \alpha_6 \Delta \ln X_{5t-1} + \alpha_7 \Delta \ln X_{6t-1} + \lambda \text{ECT}_{1t-1} + u_{1t} \dots\dots\dots(1)$$

où :

Y représente l'offre d'exportation de noix de cajou en tonnes métriques ; X_1 correspond à la superficie agricole en kilomètres carrés ; X_2 désigne la quantité de production de noix de cajou mesurée en tonnes métriques ;

X_3 représente le taux de change mesuré comme étant le montant en Naira échangé en dollar EU ;

X_4 représente le taux d'intérêt dans l'économie, mesuré en pourcentage ;

X_5 correspond au taux d'inflation dans l'économie, mesuré en pourcentage ;

ECM_t désigne le facteur de correction d'erreur ;

Δ correspond à l'opérateur de différence ; $t-1$ est la valeur retardée des variables ;

$\ln$ représente l'opérateur logarithmique ; les U_t représentent l'erreur aléatoire stochastique ; et

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$ et λ_1 correspondent aux paramètres à estimer.

La technique de l'ADF a été adoptée pour examiner la racine unitaire des variables du modèle. La valeur absolue des statistiques de l'ADF est comparée aux valeurs critiques des niveaux 1, 5 et 10 %. Si les valeurs absolues des statistiques de l'ADF sont inférieures à la valeur critique aux niveaux 1, 5 et 10 %. L'hypothèse nulle indiquant la présence d'une racine unitaire ne peut être rejetée. La série n'est donc pas stationnaire. Toutefois, si les statistiques de l'ADF sont supérieures à la valeur critique aux niveaux 1, 5 et 10 % respectivement, l'hypothèse nulle selon laquelle la série contient une racine unitaire est rejetée et la série est donc stationnaire et peut être utilisée pour l'analyse de régression.

Résultats et discussion

Moyennes et coefficients de variation de la production de noix de cajou au Nigéria pour la période allant de 1980 à 2020

La production de noix de cajou au Nigéria pour la période allant de 1980 à 2021 est présentée dans le Tableau 1. On observe une tendance à la hausse entre 1980 et 2009, suivie d'une baisse entre 2010 et 2021. En moyenne, la production annuelle de noix de cajou au cours de la période couverte par l'étude était de 241 315,60 TM. La variation de la production annuelle de noix de cajou a connu une forte fluctuation, allant de -0,52 à 37,72 % au cours de la période couverte par l'étude. Le coefficient de variation reflète un degré élevé d'instabilité de la production de noix de cajou, compris entre 0,00 et 99,68.

Tableau 1 : Moyennes et coefficients de variation de la production de noix de cajou (TM) au Nigéria (1980-2020)

Sous-période	Production moyenne (tonnes métriques) par an	Pourcentage annuel de variation de la production	Coefficient de variation
1980-1989	25000,00	0,00	0,00
1990-1999	118900,00	33,73	93,47
2000-2009	590926,60	37,72	17,49
2010-2021	232248,90	-0,52	99,68

Source : Calculé à partir de FAOSTAT, 2023.

Moyennes et coefficients de variation de l'offre d'exportation de noix de cajou (milliers de dollars EU) au Nigéria (1980-2020)

On note une hausse constante de l'offre moyenne d'exportation de noix de cajou dans l'économie au cours des sous-périodes, atteignant une moyenne de 36 707,71 TM au cours de la période couverte par l'étude (Tableau 2). Entre 1980 et 2021, la variation annuelle moyenne de l'offre d'exportation de noix de cajou dans l'économie nigériane oscillait entre 0,23 % et 11,72 % respectivement pour les sous-périodes allant de 1990 à 1999 et de 2010 à 2021, soit une moyenne de 0,32 % par an sur l'ensemble de la période couverte par l'étude. L'offre d'exportation des noix de cajou à travers ces sous-périodes reflétait un degré élevé d'instabilité avec un coefficient de variation allant de 41,09 % à 116,14 % au cours des sous-périodes allant respectivement de 2000 à 2009 et de 1980 à 1989.

Tableau 2 : Moyennes et coefficients de variation de l'offre d'exportation de noix de cajou (tonnes métriques) au Nigéria (1980-2020)

Sous-période	Offre moyenne à l'exportation (tonnes métriques) par an	Variation annuelle en pourcentage de l'offre à l'exportation	Coefficient de variation
1980-1989	311,04	1,14	116,14
1990-1999	17052,80	0,23	58,16
2000-2009	15916,00	1,57	41,09
2010-2021	98410,99	11,72	63,60

Source : Calculé à partir de FAOSTAT, 2023.

Moyennes et coefficients de variation des recettes d'exportation des noix de cajou (milliers de dollars EU) au Nigéria (1980-2020)

Les recettes d'exportation moyennes des noix de cajou par an ont connu une baisse progressive au cours de la période couverte par l'étude, allant de 0,51 au cours des sous-périodes allant de 2010 à 2020 à 7,44 % au cours des sous-périodes allant de 1980 à 1989, soit une moyenne de 0,46 % sur l'ensemble de la période (Tableau 3). On constate une grande instabilité des recettes d'exportation de noix de cajou assortie de coefficients de variation allant de 40,96 à 122,48 % au cours de la période couverte par l'étude.

Tableau 3 : Moyennes et coefficients de variation des recettes d'exportation des noix de cajou (milliers de dollars EU) au Nigéria (1980-2020)

Sous-période	Recettes d'exportation moyennes (milliers de dollars EU) par an	Pourcentage annuel de variation des recettes d'exportation	Coefficient de variation
1980-1989	1917,10	7,44	122,48
1990-1999	10344,40	2,46	87,38
2000-2009	8703,70	1,13	40,96
2010-2021	149380,10	0,51	91,63

Source : Calculé à partir de FAOSTAT, 2023.

Le résultat du test de racine pour la valeur initiale et la première différence de la variable du modèle est présenté dans les Tableaux 4 et 5. Dans le Tableau 4, toutes les valeurs absolues des statistiques de l'ADF sont inférieures aux valeurs critiques aux niveaux de 1 %, 5 % et 10 % respectivement. Par conséquent, la série contient une racine unitaire à sa valeur initiale et ne peut donc pas être utilisée pour l'analyse de régression afin d'éviter des résultats erronés. Dans le Tableau 5, toutes les valeurs absolues des statistiques de l'ADF sont supérieures aux valeurs critiques aux niveaux de 1,5 et 10 % respectivement, indiquant que la série est stationnaire ou ne contient pas de racine unitaire au niveau de ses premières différences et qu'elle peut donc être utilisée pour l'analyse de régression.

Tableau 4 : Résultat de la racine unitaire de l'ADF pour les variables (valeurs initiales)

Variables	Statistiques du test (ADF)	Valeur critique de 1 %	Valeur critique de 5 %	Valeur critique de 10 %	Décision
Y	0,073	-3,750	-3,000	-2,630	Non stationnaire
X1	-2,035	-3,668	-2,966	-2,616	Non stationnaire
X2	0,273	-3,662	-2,964	-2,614	Non stationnaire
X3	-1,136	-3,662	-2,964	-2,614	Non stationnaire
X4	-2,342	-3,662	-2,964	-2,614	Non stationnaire
X5	-1,314	-3,668	-2,966	-2,616	Non stationnaire
X6	-1,136	-3,662	-2,964	-2,614	Non stationnaire

Tableau 5 : Résultat du test de l'ADF de racine unitaire pour les variables du modèle (valeurs de première différence)

Variables	Statistiques du test (ADF)	Valeur critique de 1 %	Valeur critique de 5 %	Valeur critique de 10 %	Décision
Y	-3,517	-3,750	-3,000	-2,630	I(1)
X1	-4,814	-3,675	-2,969	-2,617	I(1)
X2	-7,217	-3,668	-2,966	-2,616	I(1)
X3	-3,492	-3,668	-2,966	-2,616	I(1)
X4	-3,930	-3,668	-2,966	-2,616	I(1)
X5	-3,860	-3,675	-2,969	-2,617	I(1)
X6	-3,492	-3,668	-2,966	-2,616	I(1)

Source : Calcul de l'auteur, 2023

La technique de co-intégration de Johansen présentée dans le Tableau 6 indique qu'il existe au moins une équation de co-intégration entre les variables. Ainsi, une relation à long terme existe entre les variables du modèle, et par conséquent, le modèle vectoriel à correction d'erreurs

(VECM) peut être spécifié pour obtenir l'estimation à court et à long terme de la relation entre les variables du modèle.

Tableau 6 : Résultat des tests de Johansen pour la co-intégration entre les variables du modèle

Rang	Panus	LL	Valeur propre	Statistiques des traces	Valeur critique de 5 %
0	42	-1722,545	0,825	131,284	94,150
1	53	-1690,234	0,502	66,669*	68,520
2	62	-1677,348	0,410	40,887	47,210
3	69	-1667,571	0,328	21,334	29,680
4	74	-1660,216	0,160	6,624	15,410
5	77	-1656,984	0,004	0,161	3,760
6	78	-1656,904			

Source : Calcul de l'auteur, 2023

Résultats de l'analyse de régression du modèle vectoriel à correction d'erreur (VECM) à court terme

Les résultats de l'analyse de régression du VECM à court et à long terme (Tableau 7) ont révélé que la valeur de R² est de 0,580 et qu'elle est statistiquement significative à 1 %, confirmant ainsi la bonne adéquation du modèle. À court terme, le produit intérieur brut et le taux de change ont eu une incidence négative sur les recettes d'exportation des noix de cajou, tandis que le taux d'inflation a influencé positivement les recettes d'exportation de noix de cajou. Ces résultats impliquent que le PIB et le taux de change sont inversement liés aux recettes d'exportation de noix de cajou, tandis que le taux d'inflation est directement lié aux recettes d'exportation des noix de cajou à court terme.

Tableau 7 : Résultats de l'analyse de régression du modèle vectoriel à correction d'erreur (VECM) à court terme

Variables	Coefficients	Écart-type	Valeur z	Valeur p
Ce_1	-0,012	0,005	-3,260	0,001
Recettes d'exportation des noix de cajou (Y)	0,125	0,099	1,260	0,208
Quantité de production de noix de cajou (X) ₁	0,1322	0,201	0,660	0,511
Quantité de noix de cajou exportée (X) ₂	-0,157	0,117	-1,34	0,180
Produit intérieur brut (X) ₃	-0,556	0,276	-2,020	0,044*
Taux de change (X) ₄	-0,427	0,260	-1,64	0,101***
Taux d'intérêt (X) ₅	0,036	0,341	0,110	0,915
Taux d'inflation (X) ₆	0,178	0,078	2,29 0	0,022 **
Constant	0,167	0,055	3,030	0,002**
R ²	0,580			
Khi-carré	19,234*			
Valeur p	0,000			
AIC	4,081			

* Significatif à 1 % **significatif à 5 % Source : Calcul de l'auteur, 2023

À long terme, la quantité de noix de cajou exportée et le taux d'inflation sont liés négativement aux recettes d'exportation de noix de cajou, tandis que la quantité de noix de cajou produite est liée positivement aux recettes d'exportation de noix de cajou (Tableau 8).

Tableau 8 : Résultats de l'analyse de régression du modèle vectoriel à correction d'erreurs à long terme

Variables	Coefficients	Écart-type	Valeur z	Valeur p
Ce_1	1	-	-	-
Recettes d'exportation des noix de cajou (Y)	-1,551	1,562	0,990	0,321

Quantité de production de noix de cajou (X)1	4,659	1,478	3,150	0,002*
Quantité de noix de cajou exportée (X)2	-7,363	1,940	3,790	0,000*
Taux de change (X)4	-1,441	1,779	0,810	0,418
Taux d'intérêt (X)5	2,980	6,400	-0,470	0,641
Taux d'inflation (X)6	-15,442	1,511	-10,220	0,000*
Constant	112,399	-	-	-

* **significatif à 1 % Source : Calcul de l'auteur, 2023**

Conclusion

Au terme de l'étude, il ressort que les variables macroéconomiques à savoir le PIB, le taux d'inflation, le taux de change et les quantités de noix de cajou produites et exportées constituent des déterminants significatifs des recettes d'exportation de noix de cajou au cours de la période couverte par l'étude.

Recommandations

La présente étude formule les recommandations ci-après :

1. améliorer la production et l'offre d'exportation de noix de cajou afin d'accroître de manière significative les recettes d'exportation de noix de cajou ;
2. réduire la tendance inflationniste dans l'économie afin d'assurer la pérennité des recettes d'exportation de noix de cajou ; et
3. faire évoluer les politiques monétaires qui amélioreront un taux de change favorable aux exportations agricoles

Références

- Adeigbe, O. O., Olasupo, F. O., Adewale, B. D., et Muyiwa, A. A. (2015). A review on cashew research and production in Nigeria in the last four decades. *Scientific Research and Essays*, 10(5), 196-209.
- Alawode, O. O., et Adeniranye, A. V. (2020). Competitiveness of Nigerian Cashew Nuts in the Global Market (1961–2016): An Application of Vector Error Correction Model (VECM). *International Journal of Innovative Development and Policy Studies* 8(1):46-57.
- Chemonics (2002). Subsector Assessment of the Nigerian Cashew Industry. Rédigé pour : l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID)-Nigéria RAISE IQC, N° de contract PCE-I-00-99-00003-00 Bon de commande N° 812 septembre 2002.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 2016, données de production, consulté le : 15/05/2024.
- Lawal, J. O., et Uwagboe, E. O. (2017). Cost effectiveness of intercropping patterns by cashew farmers in Oyo State, Nigeria. *International Journal of Forest, Animal and Fisheries Research*, 1(1), 27-30.
- Ogunwolu, Q. A., Ugwu, C. A., Alli, M. A., Adesanya, K. A., Agboola-Adedaja, M. O., Adelusi, A. A., and Akinpelu, A. O. (2020). Prospects and challenges of cash crop production in Nigeria: The case of cashew (*Anacardium occidentale*, Linn.). *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 8(3), 439-445.
- Oluyole, K. A., Agbeniyi, S. O., et Ayegbonyin, K. O. (2017). Competitiveness of cashew production in Nigeria. *International Journal of research in Agriculture and Forestry*, 4(8), 1-7.
- Statista (2022). Value of cashew nut exports from Nigeria 2014-2020. Disponible sur le site ci- contre : <https://www.statista.com/statistics/1297326/value-of-cashew-nut-exports-from-nigeria/>
- Uwagboe, E., Adeogun, S., et Odebode, S. (2010). Constraints of farmers in cashew production: a case study of Orire LGA of Oyo State, Nigeria. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 5(4), 27-30.
- Olubunmi, O.A., Adesiji, V.A., 2020, Competitiveness of cashew nuts in the global market (1961-2016): An application of Vector Error Correction Model (VECM), *International Journal Innovative Development and Policy Studies* 8(1): 46-57
- International Trade Centre (ITC), 2011, Report on export fact sheet: cashew



RÉPONSE DE LA CROISSANCE ET DU RENDEMENT DES GREFFONS D'ANACARDIERS À L'ESPACEMENT DANS LA ZONE DE LA SAVANE GUINÉENNE DU GHANA

Konlan, S¹, Barnor M. T², Danso, J¹, Awudzi, G. K³, Adu-Yeboah¹, Aidoo M. K⁴, P, Quaye A. K⁵, Pobee, P¹, Segbefia, M. A².

1Division de l'agronomie, Institut ghanéen de recherche sur le cacao

2Poste de Bole, Institut ghanéen de recherche sur le cacao

3Division de l'entomologie, Institut ghanéen de recherche sur le cacao

4Division de la physiologie végétale, Institut ghanéen de recherche sur le cacao

5Division de la pédologie, Institut ghanéen de recherche sur le cacao

Contact : sampson.konlan@gmail.com ; sampson.konlan@crig.org.gh

RÉSUMÉ

Une expérience a été mise en place à Bole, un poste de l'Institut ghanéen de recherche sur le cacao, dans la zone de la savane guinéenne, afin de mener une étude de l'impact de l'espacement sur la croissance et le rendement précoce des greffons d'anacardier. L'essai a été organisé selon un plan en blocs complets randomisés comportant quatre répétitions. Les traitements évalués étaient : i) 4 m x 4 m ; ii) 8 m x 8 m ; iii) 5 m x 10 m ; iv) 10 m x 10 m ; v) 6 m x 12 m et vi) 12 m x 12 m. Les données recueillies sur les plants d'anacardiers concernaient le diamètre des tiges, la hauteur, l'étendue de la canopée, le rendement et les composantes du rendement. Les données ont été soumises à une analyse de variance et les moyennes ont été dissociées en appliquant la méthode de la plus petite différence significative à un taux de probabilité de 5 %. Les résultats indiquent que l'espacement des plants n'a pas eu d'effet néfaste sur le diamètre des tiges, la hauteur et l'étendue de la canopée au cours des cinq premières années suivant la transplantation. L'espacement n'a pas non plus eu d'incidence significative sur le nombre de noix produites par anacardier et sur le poids moyen des noix. Cependant, la récolte de noix par unité de surface était systématiquement plus élevée au niveau des anacardiers disposés à espacement réduit (4 m x 8 m). Ces différences de rendement ont été significatives sur le plan statistique tout au long des huit années de suivi des rendements. Fort de ces résultats, nous sommes parvenus à la conclusion que les greffons d'anacardiers peuvent être cultivés à un espacement de 4 m x 8 m pour une production de noix plus élevée dans l'agroécologie de la savane guinéenne du Ghana pendant huit ans sans qu'il soit nécessaire de procéder à un éclaircissage.

Mots-clés : Anacardier, espacement, savane guinéenne, rendement en noix, greffons, canopée

INTRODUCTION

Le cajou (*Anacardium occidentale* L.) est une culture arboricole importante qui est cultivée à grande échelle dans plusieurs pays tropicaux et subtropicaux (Aliyu *et al.*, 2014 ; Nayak *et al.*, 2020). La production mondiale de cajou n'a cessé d'augmenter au fil des ans, pour s'établir à 4,2 millions de tonnes en 2020 (Babatunde *et al.*, 2023). Toutefois, dans de nombreuses régions, la productivité des vergers d'anacardiers demeure faible, se situant souvent entre 500 et 800 kg de noix par hectare lorsque la production des anacardiers est maximale. Plusieurs facteurs justifient parfois cette faible productivité, notamment une densité de population végétale sous-optimale, des nuisibles et des maladies, ainsi qu'une piètre gestion de la fertilité des sols (Nayak *et al.*, 2020). Par conséquent, l'une des stratégies visant à accroître la productivité des anacardiers tient à l'adoption d'un espacement optimal entre les plants, qui peut influencer de manière significative la croissance et le rendement durable des anacardiers (Mangalassery *et al.*, 2019 ; Nayak *et al.*, 2020). Les recommandations antérieures relatives à l'espacement des anacardiers variaient entre 8 m² et 16 m². Cette recommandation reposait sur des recherches antérieures et sur l'expérience des exploitants agricoles qui révélaient qu'un espacement plus réduit permettrait d'obtenir un rendement précoce plus élevé qui, malheureusement, enregistrait une baisse dans les trois années de production (Northwood et Tsakiris, 1967). Cependant, ces observations ont été faites sur des cultures de cajou réalisés au moyen de semis réputés pour leur croissance plus rapide et plus importante. La mise au point récente de matériaux de cajou nains et de clones/greffes qui ont une croissance lente et une canopée plus petite offre la possibilité d'intensifier les densités de culture. Il est possible d'y parvenir sans que les effets néfastes de l'ombrage mutuel ne se manifestent rapidement chez les semis beaucoup plus robustes et de plus grande taille. On peut donc supposer que la création d'exploitations d'anacarde à partir de greffons à des densités de plantation plus élevées permettra de maintenir une production de noix plus importante pendant plusieurs années avant l'apparition des effets de l'ombrage mutuel.

Il a été démontré que l'espacement des anacardiers a un impact notable sur leur hauteur, l'étendue de la canopée, le diamètre du tronc et les modèles de ramification. Il est intéressant de noter que ces paramètres de croissance se sont avérés nettement meilleurs dans les traitements où l'espacement est de 5 m² que dans ceux où il est plus large (7,5 m² et 10 m²) (Yadukumar *et al.*, 2013). Cette évolution est due à une concurrence accrue pour la lumière et les nutriments dans l'espacement réduit des plantes, entraînant une plus grande allocation des ressources à la croissance végétative en surface. Sousa *et al.* (2018) et Janani *et al.* (2022) ont obtenu des résultats similaires. Selon Yadukumar *et al.* (2013), le rendement en noix de cajou par hectare était plus élevé dans le cas d'un faible espacement (5 m²) que dans celui d'un espacement beaucoup plus large (7,5 m² et 10 m²). Saroj *et al.* (2014), qui ont utilisé les mêmes espacements des plants (5 m², 7,5 m² et 10 m²), ont rapporté des profils de rendement similaires. En outre, ils ont constaté que la rétention de l'humidité du sol était plus élevée dans les traitements à faible espacement. Plusieurs autres rapports ont également confirmé l'importance d'un espacement optimal dans la culture du cajou (Oliveira *et al.*, 2006 ; Nayak *et al.*, 2020).

Toutefois, la production plus élevée de noix chez les anacardiers à espacement réduit a un impact néfaste sur les caractéristiques recherchées de la qualité des noix (Aliyu *et al.* (2014)). La taille des noix, le poids des noix et le poids des amandes étaient significativement plus élevés dans un large espacement (10 m²) que dans une culture effectuée dans un espacement réduit. De même, Nayak *et al.* (2020) qui ont utilisé les mêmes espacements des plants (5 m², 7,5 m², et 10 m²) ont constaté que la taille des noix, le poids des noix et le poids des amandes étaient significativement plus élevés dans l'espacement entre les plants de 10 m².

Les densités de plantes relativement plus faibles dans le traitement à grand espacement et la réduction de la concurrence entre les plantes qui en a résulté ont permis la production de noix plus grosses. (Rejani *et al.*, 2013 ; Tripathy *et al.*, 2015 ; Yadukumar *et al.*, 2001).

Au début de la culture précoce de l'anacarde au Ghana, Ekrement (1965) a recommandé un espacement initial de 6 m², qui devait être réduit à 12 m². Cette recommandation a été faite pour les jeunes plants d'anacarde sur la base des effets de l'ombrage mutuel aux stades ultérieurs de la croissance. L'espacement des plants de 12 m² a conduit à des populations sous-optimales et à de grands espaces entre les plants dans l'agroécologie de la savane guinéenne, qui était l'objectif initial de la culture. Dans d'autres cas, les exploitants agricoles ont tout simplement refusé de procéder à l'éclaircissage, ce qui a entraîné un ombrage mutuel important et une faible production de noix. Afin de résoudre ces problèmes, une deuxième recommandation d'espacement de 10 m² a été faite aux producteurs de cajou dans la zone de la savane guinéenne. Cependant, cette recommandation concernait la création d'exploitations d'anacarde à partir de semis, avant le développement de clones présentant des canopées relativement plus petites et plus compactes. Le développement récent de matériaux hybrides nains pour l'anacardier et de clones/greffes présentant des canopées plus petites présage de bonnes perspectives pour la filière du cajou, étant donné qu'il est possible d'atteindre des densités de plantes plus élevées entraînant une plus grande production de noix par unité de surface. Cet essai a donc été mis en place dans le but de déterminer l'effet de l'espacement sur la croissance et le rendement des greffons d'anacardiers.

MATÉRIAUX ET MÉTHODES

Site expérimental

L'étude a été réalisée au poste de Bole (Latitude 090 01' N ; Longitude 020 29' O ; Altitude 305 m ASL) de l'Institut ghanéen de recherche sur le cacao de 2010 à 2018. Bole est situé dans la zone écologique de la savane guinéenne du Ghana, qui comprend une seule saison des pluies entre mai et octobre, suivie d'une longue saison sèche. Les précipitations totales dans cette zone écologique varient entre 800 mm et 1 200 mm par an, tandis que les températures maximales peuvent atteindre 42°C pendant la saison sèche (Kranjac-Berisavjevic *et al.*, 2014). Les sols de Bole sont classés comme étant des ochrosols de savane, connus au niveau local sous le nom de séries Fuga et Na (Dedzoe, 2001) et en tant que Lixisol par la FAO (1990). Ces sols se trouvent sur les sommets et les pentes supérieures et moyennes. Ils sont de couleur brun rougeâtre, relativement bien drainés et de profondeur allant de moyenne à élevée (100-150 cm), concrétionnés et présentent des textures allant des limons sablonneux aux argiles sablonneuses. Ils ont une faible rétention de nutriments et une forte saturation en bases (quantité totale de Ca, Mg, K et Na par rapport à la Capacité d'échange de cations (CEC)). Ces sols sont assez sensibles à l'érosion et au compactage en raison de leur structure peu développée.

Plan d'expérience et traitements

L'essai a été organisé selon un plan en blocs complets randomisés comportant quatre répétitions. Les différents espacements des anacardiers qui ont servi de traitements étaient : i) 4 m x 8 m ; ii) 8 m x 8 m ; iii) 5 m x 10 m ; iv) 10 m x 10 m ; v) 6 m x 12 m et vi) 12 m x 12 m. Des graines de cajou ont été plantées dans la pépinière de Bole afin d'obtenir des semis qui serviront de porte-greffe. Quatre mois après la semence, des scions provenant de matériel d'anacarde d'élite ont été greffés sur ces semis. Les greffons ont été cultivés dans la pépinière pendant quatre autres mois, avant leur transplantation sur le terrain pendant les grandes pluies. Les travaux d'entretien telles que la gestion des mauvaises herbes, des nuisibles et des maladies, recommandées pour la production de cajou au Ghana, ont été menées tout au long de l'expérience.

Collecte et analyse des données

Des données sur la croissance des semis (diamètre, hauteur et étendue de la canopée) et sur le rendement en noix des parcelles expérimentales ont été recueillies. Au total, 15 plantes de base ont été sélectionnées et identifiées à l'aide d'étiquettes pour la collecte de données sur la croissance et le rendement. Le diamètre des plantes retenues a été mesuré à l'aide d'un pied à coulisse numérique à 15 cm de la surface du sol, au pied de chaque plante. La hauteur de ces plantes a également été mesurée du pied de chaque plante à la cime. L'envergure de la canopée a été mesurée dans le sens Est-Ouest et Nord-Sud et la moyenne a été calculée comme étant l'envergure estimée de la canopée de la plante. Les données ont été analysées (GenStat, version 12) en suivant les procédures d'analyse de la variance et les moyennes des traitements ont été dissociées à l'aide de la méthode Lsd au taux de probabilité de 5 %.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Diamètre du tronc et envergure de la canopée

L'augmentation du diamètre des tiges des plants de cajou, qui constitue un meilleur indicateur de la croissance de l'anacardier, n'a pas été affectée par l'espacement des plants entre un et cinq ans après leur création (Tableau 1). Aucun effet significatif de l'espacement sur la hauteur des anacardiers (3-5 ans) et l'envergure de la canopée (4-5 ans) n'a été observé après la transplantation (Tableau 2). Dans le cas de l'envergure de la canopée, l'espacement de 12 m² a permis d'obtenir des canopées toujours plus grandes. D'autres études ont toutefois révélé des effets notables de l'espacement sur le diamètre du tronc, la hauteur et l'envergure de la canopée des jeunes plants d'anacardiers. L'espacement réduit des anacardiers a contribué à une croissance plus rapide du diamètre du tronc, de la hauteur et de la canopée. Ces résultats résultent d'une concurrence accrue pour la lumière et les nutriments, qui a entraîné une plus grande allocation des ressources à la croissance végétative aérienne (Yadukumar *et al.*, 2013 ; Sousa *et al.*, 2018 et Janani *et al.*, 2022). L'absence de différences importantes dans le diamètre du tronc, la hauteur et la croissance de la canopée des anacardiers dans cette étude peut donc être imputée à une faible concurrence interspécifique entre les anacardiers, y compris dans la culture à faible espacement, du fait qu'il s'agissait probablement de clones de petite taille dans l'ensemble. Bien que l'espacement des plants n'ait pas eu d'incidence sur l'envergure de la canopée dans cette étude, les différences relatives constatées entre les traitements ont des implications considérables sur le rendement en noix, étant donné que l'envergure de la canopée est positivement corrélée à la production de cajou par anacardier (Aliyu *et al.*, 2014).

Tableau 1 : Diamètre des tiges des greffons d'anacardiers en fonction de l'espacement à 15 mois et de 2 à 5 ans après la transplantation

Espacement (m)	Diamètre de la tige (mm)				
	15 mois	2 ans	3 ans	4 ans	5 ans

4 x 8	21.0	26.0	31.2	38.0	83.2
8 x 8	17.1	24.6	30.0	37.6	87.5
5 x 10	15.4	22.1	29.6	35.6	82.6
10 x 10	19.7	26.9	37.0	43.7	85.4
6 x 12	20.6	27.3	33.9	40.3	89.7
12 x 12	20.1	27.0	34.6	39.9	87.7
Test F ($\alpha=0.05$)	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	21.0	15.3	17.2	21.4	18.8

Tableau 2 : Hauteur et envergure de la canopée des greffons d'anacardier en fonction de l'espacement entre 3 et 5 ans et entre 4 et 5 ans, respectivement.

Espacement (m)	Hauteur (m)			Envergure de la canopée (m)	
	3 ans	4 ans	5 ans	4 ans	5 ans
4 x 8	21.0	26.0	31.2	38.0	83.2
8 x 8	17.1	24.6	30.0	37.6	87.5
5 x 10	15.4	22.1	29.6	35.6	82.6
10 x 10	19.7	26.9	37.0	43.7	85.4
6 x 12	20.6	27.3	33.9	40.3	89.7
12 x 12	20.1	27.0	34.6	39.9	87.7
Test F ($\alpha=0.05$)	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	21.0	15.3	17.2	21.4	18.8

Rendement et composantes du rendement

Poids de la noix (g noix-1)

L'espacement des anacardiers n'a pas eu d'effets néfastes notables sur le poids individuel des noix de cajou soumis à un contrôle pendant cinq ans (Tableau 3). La septième année, on a observé une réduction générale du poids des noix dans tous les traitements, probablement due à des causes environnementales (Alae-Carew *et al.*, 2020). Les différences de poids des noix de cajou sont généralement dues à des différences génétiques entre les anacardiers (Ohler, 2007). Toutefois, il a été démontré que les effets environnementaux tels que la concurrence pour l'humidité, les nutriments et la lumière contribuent à modifier cette caractéristique génétique (Olubode *et al.*, 2018). L'utilisation de greffons dans cette étude a permis d'aplanir les différences qui auraient pu résulter de la variabilité génétique. La similarité du poids des noix indique donc une absence d'effets néfastes de la concurrence interspécifique entre les anacardiers sur les ressources allouées à la quantité de noix. Au Ghana, le poids des noix est généralement faible en raison de facteurs environnementaux et phytogénétiques (Adu-Gyamfi *et al.*, 2019 ; Dadzie *et al.*, 2014).

Dans cette étude, la fourchette de poids des noix de 4,8 à 5,7 g au titre de la 5ème année était comparativement inférieure aux 5,2 à 6,3 g rapportés par Adu-Gyamfi *et al.* (2019). Le fait que cette étude ait été menée dans les sols relativement plus secs et plus pauvres de la zone de la savane guinéenne du Ghana explique les différences de poids des noix, dans la mesure où leur étude a été réalisée dans une zone de transition forêt-savane plus appropriée. Des rapports antérieurs ont montré qu'un large espacement (10 m²) des anacardiers permettait d'améliorer l'allocation des ressources à la quantité de noix, et d'obtenir ainsi des noix de qualité supérieure, plus grosses, plus lourdes et présentant un meilleur rendement (Aliyu *et al.*, 2014 ; Tripathy *et al.*, 2015 ; Nayak *et al.*, 2020). Le poids similaire des noix observé d'une année sur l'autre dans cette étude indique donc que des ressources suffisantes étaient disponibles pour la quantité de noix, même dans les anacardiers à espacement réduit. Cette constatation laisse penser que l'établissement de ces clones à grand espacement peut entraîner une sous-utilisation des ressources de l'exploitant agricole.

Tableau 4 : Effet des traitements sur le poids par noix (g) récolté sur les greffons d'anacardiers âgés de 4 à 8 ans dans la zone de la savane guinéenne du Ghana.

Espacement (m)	Année après la transplantation				
	4	5	6	7	8
4 x 8	4.8	5.7	5.1	4.7	4.6
8 x 8	4.5	5.1	5.4	4.4	5.3
5 x 10	4.6	5.2	4.7	4.4	4.4
10 x 10	5.7	5.3	4.5	4.7	4.0
6 x 12	4.5	4.8	4.6	4.4	5.0
12 x 12	4.4	5.1	5.0	4.0	4.3
Test F ($\alpha=0.05$)	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	18.7	13.8	13.6	10.5	11.2

Relation entre l'envergure de la canopée et la production de noix

L'envergure de la canopée des anacardiers a eu une influence positive importante sur la production de noix par anacardier (Figure 1) et sur le rendement global en noix par hectare (Figure 2). Ces données montrent que l'envergure de la canopée peut constituer un bon prédicteur du nombre de noix produites par un anacardier (61,2 %) et du rendement en noix en kg par anacardier-1 (63,2 %). Ces relations ont été constantes sur plusieurs années. Les canopées plus larges sont associées à une meilleure absorption des nutriments (Reddy *et al.*, 2003), à une photosynthèse efficace (Aneja *et al.*, 2000) et à une réduction des stress (Aliyu, 2006), ce qui favorise en fin de compte des rendements en noix plus élevés chez les anacardiers.

Les relations constantes entre l'envergure de la canopée d'une part, et les noix de l'anacardier-1 et le rendement en noix en kg de l'anacardier-1, soulignent l'importance de l'envergure de la canopée pour la production de noix chez les anacardiers (Aliyu et Awopetu, 2011). Cependant, l'absence de différences réelles au niveau de l'étendue de la canopée entre les traitements dans cette étude signifie que le rendement en noix par ha-1 a été plus élevé dans les traitements comprenant un plus grand nombre de canopées individuelles. Ainsi, la culture du cajou à espacement réduit et à densité d'anacardiers plus élevée a permis d'obtenir un plus grand nombre de noix par hectare au cours de toutes les années.

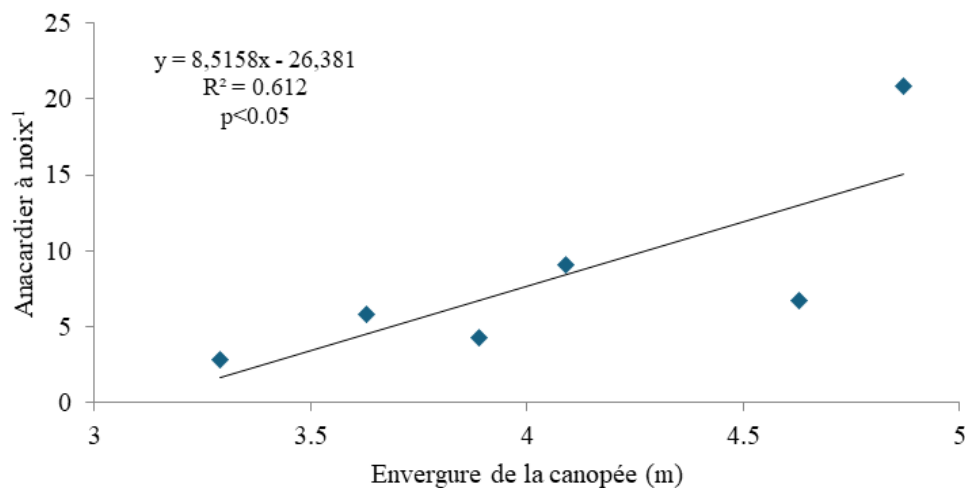


Figure 1 : Relation entre la taille de la cime et le nombre de noix par anacardier (kg par anacardier⁻¹)

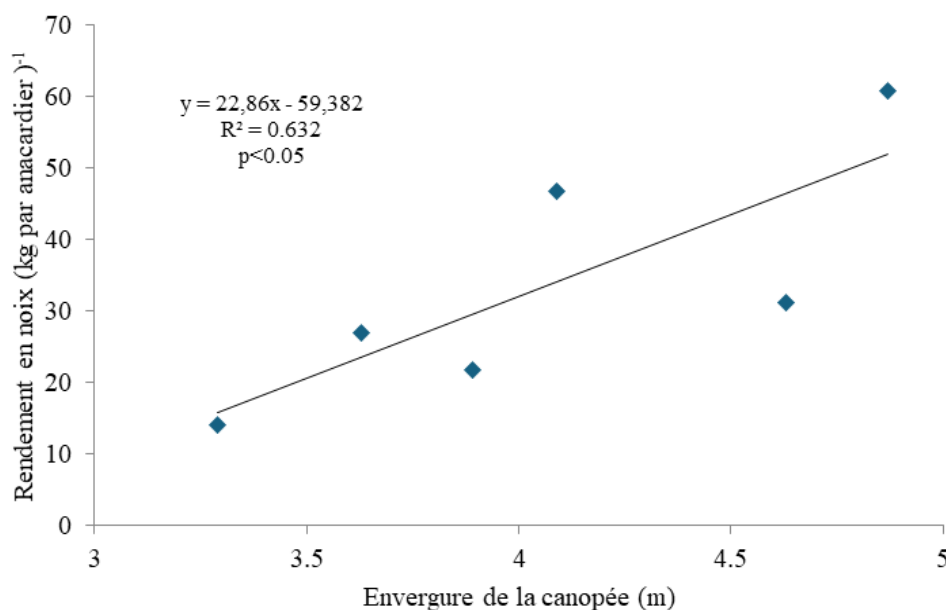


Figure 2 : Relation entre la taille de la cime et le rendement en noix sèches (kg par ha)⁻¹

Rendement en noix sèches

L'espacement des anacardiers a eu une incidence significative sur la production de noix par unité de surface dès le début. Les anacardiers à espacement réduit, qui ont produit des densités de plantation plus élevées, ont permis une production de noix plus importante par hectare entre 3 et 8 ans après la transplantation (Tableau 5). Par conséquent, le rendement cumulé en noix était plus élevé dans les traitements à faible espacement, présentant un rapport positif entre l'espacement/la densité des plants et le rendement en noix par surface (Figure 3). L'espacement des plants de 12 m², qui comportait le plus petit nombre d'anacardiers par hectare, a permis de produire le plus petit nombre de kg de noix par ha⁻¹ (Tableau 5). Ce résultat résulte de populations végétales non optimales et de l'incapacité des anacardiers relativement moins nombreux à compenser le nombre réduit d'anacardiers par hectare (ha⁻¹). Des résultats similaires ont été rapportés lorsqu'un large espacement a conduit à un rendement inférieur par unité de surface, imputable à un nombre inférieur d'anacardiers plantés par hectare (Mangalassery *et al.*, 2019). La plantation à haute densité est réputée pour augmenter de manière significative le nombre d'anacardiers par hectare, permettant ainsi d'accroître le rendement total en noix par unité de surface. Cette méthode présente des avantages tels que des

rendements économiques précoces et plus élevés en raison de la hausse du rendement par unité de surface (Mangalassery *et al.*, 2019). Ces observations antérieures ont été confirmées par cette étude dans laquelle le rendement en noix s'est avéré être fortement tributaire de la densité des anacardiers.

Au Ghana, les clones d'anacardiers recommandés aux exploitants agricoles ont permis d'obtenir de faibles rendements précoces en noix, de l'ordre de 210,4-625,0 kg par ha⁻¹ cinq ans après la transplantation dans la zone de transition forêt-savane (Adu-Gyamfi *et al.*, 2019). Bien que cette étude ait été menée dans la zone de la savane guinéenne relativement moins propice, le rendement en noix obtenu à partir de la culture de noix de cajou à haute densité (4 m x 8 m ou 312 plants par ha⁻¹) à 5 ans était comparable au rendement rapporté par Adu-Gyamfi *et al.* (2019). Les fluctuations de rendement observées dans cette étude d'une année à l'autre s'expliquent en grande partie par les différences d'intensité de la floraison, de la nouaison et de la rétention des fruits, ainsi que du développement des fruits. Ces différences seraient dues à la forte influence de l'environnement (Aliyu et Awopetu, 2011).

Tableau 5 : Effet de l'espacement sur le rendement en noix sèches 3 à 8 ans après la transplantation dans la zone de la savane guinéenne du Ghana

Espacement (m)	Années après la transplantation						Rendement cumulé sur 6 ans (kg ha ⁻¹)-1
	3	4	5	6	7	8	
4 m x 8 m (312)	89.2	195.0	236.0	179.0	461.0	753.0	1,913.2
8 m x 8 m (156)	43.0	116.0	73.0	85.0	153.0	563.0	1,033.0
5 m x 10 m (200)	46.6	134.0	63.0	141.0	407.0	518.0	1,309.6
10 m x 10 m (100)	23.9	116.0	52.0	60.0	222.0	290.0	763.0
6 m 12 m (139)	35.0	121.0	66.0	84.0	203.0	352.0	861.0
12 m x 12 m (69)	15.2	60.0	54.0	36.0	207.0	230.0	602.0
Test F	64.8	48.6	145.5	166.6	278.0	394.0	-
CV (%)	100.4	52.8	68.6	97.8	45.2	103.7	-

Note : Les valeurs entre parenthèses représentent les densités de population végétale (ha⁻¹) associées à l'espacement respectif.

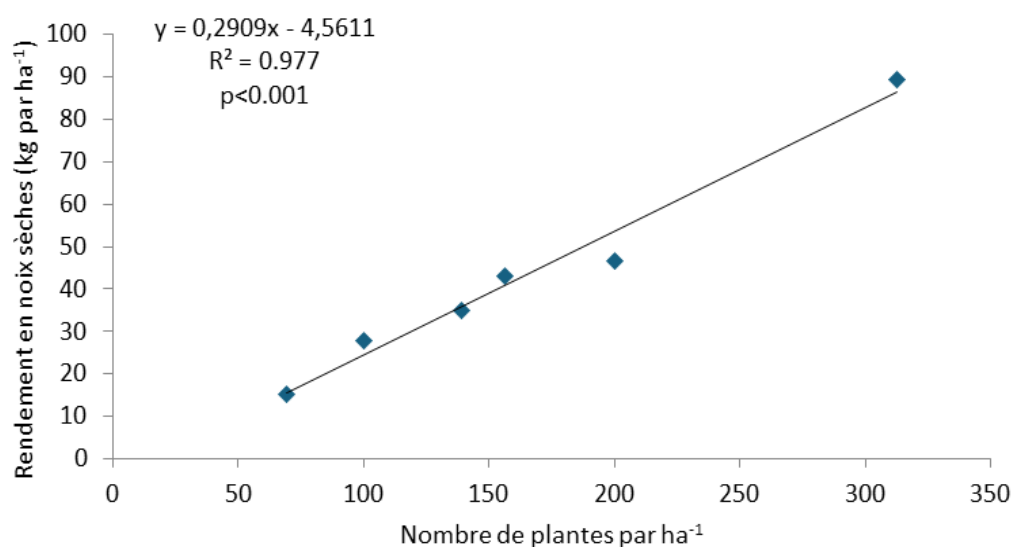


Figure 3 : Relation entre la densité de la population végétale et le rendement annuel/cumulatif en noix sèches (kg par ha⁻¹).

CONCLUSIONS

Les fortes densités résultant d'un espacement réduit n'ont pas eu d'effet néfaste sur la croissance des anacardiers dans la zone de la savane guinéenne du Ghana. L'envergure de la canopée et le poids des noix individuelles n'ont pas été affectés par les densités examinées. Cependant, la production de noix par unité de surface a été considérablement améliorée par l'espacement des plantes, entraînant une culture de cajou à haute densité. Au total, cette culture a permis la production de plus de noix sèches sur une période de six ans. Au vu des résultats de la présente étude, il est recommandé que les clones d'anacardiers implantés dans les zones de savane guinéenne soient espacés de 4 m x 8 m, représentant une densité de population de 312 plants ha⁻¹ pour des retours sur investissement précoces et plus élevés.

ET RECOMMANDATIONS

Les auteurs souhaitent adresser leurs remerciements à M. Godwin Kwame Addo de la Division de l'agronomie, à Tafo, et à M. Fredrick Mustapha Dapila du Poste de Bole de l'Institut ghanéen de recherche sur le cacao pour leur dévouement dans le cadre du déroulement des essais et de la collecte des données sur la croissance et le rendement.

RÉFÉRENCES

- Alae-Carew, C., Nicoleau, S., Bird, F.A., Hawkins, P., Tuomisto, H.L., Haines, A., Dangour, A.D. et Scheelbeek, P.F., (2020). The impact of environmental changes on the yield and nutritional quality of fruits, nuts and seeds: a systematic review. *Environmental Research Letters*, 15(2), p.023002.
- Adu-Gyamfi, P.K.K., Dadzie, M. A., Barnor, M., Akperter, A., Arthur, A., Osei-Akoto, A. Ofori, et F. Padi. 2019. Genetic variability and trait association studies in cashew (*Anacardium occidentale* L.). *Sci. Hortic.* 255:108-114. doi : 10.1016/j.scienta.2019.05.023.
- Aliyu, O. M., Adeigbe, O. O., et Lawal, O. O. (2014). Phenotypic stability analysis of yield components in Cashew (*Anacardium occidentale* L.) using additive main effect and multiplicative interaction (AMMI) and GGE biplot analyses. *Plant breeding and biotechnology*, 2(4), 354-369.
- Aliyu O. M. et Awopetu, J. A. (2011). Variability Study on Nut Size and Number Trade-Off Identify a Threshold Level for Optimum Yield in Cashew (*Anacardium occidentale* L.). *International Journal of Fruit Science*. 11(4) : 342-363. <https://doi.org/10.1080/15538362.2011.630297>
- Aliyu, O.M. (2006). Genetic variability in cashew (*Anacardium occidentale* L.) for growth and yield characters. *Genetic Resources and Crop Evolution*.
- Aneja, M., Pathak, P.S., et Srivastava, V.K. (2000). Photosynthetic efficiency and productivity of cashew (*Anacardium occidentale*) under different environmental conditions. *Journal of Plantation Crops*.
- Babatunde, O. P., Adeigbe, O., Sobowale, O., Muiyiwa, A., et Balogun, S. (2023). Cashew Production and Breeding in 5 West African Countries. *Journal of Scientific Research and Reports*, 29(5), 28-39.
- Dadzie, A.M., P. Kwesi Krah Adu-Gyamfi, S. Yaw Opoku, J. Yeboah, A. Akperter, K. Opoku-Ameyaw, M. Assuah, E. Gyedu-Akoto, et W. Bismark Danquah. (2014). Evaluation of potential cashew clones for utilization in Ghana. *Adv. Biol. Chem.* 4(4) : 232-239. doi : 10.4236/abc.2014.44028.
- Dedzoe, C. D., Senayah, J. K. et Asiamah, R. D. (2001). Suitable Agro-ecologies for cashew (*Anacardium occidentale* L.) Production in Ghana. *West African Journal of Applied Ecology*, 2 : 103-118.
- Ekrement, E. A. (1965). Cashew as an important cash crop. *Ghana Fmr*. 9(2) : 54-57
- Kranjac, B. G., Abdul-Ghanyu, S., Gandaa, B. Z. et Abagale, F. K. (2014). Dry Spells Occurrence in Tamale, Northern Ghana-Review of Available Information. *Journal of Disaster Research*, 9(4) : 468-474.
- Mangalassery, S., Rejani, R., Singh, V., Adiga, J. D., Kalaivanan, D., Rupa, T. R. et Philip, P. S. (2019). Impact of different irrigation regimes under varied planting density on growth, yield and economic return of cashew (*Anacardium occidentale* L.). *Irrigation Science*, 37 : 483-494.
- Masawe, P.A.L., E.P. Cundall, et P.D.S. Caligari. 1999. Studies on genotype-environment interaction (GxE) in half-sib progenies of cashew (*Anacardium occidentale* L.) in Tanzania. *Tanzania J. Agric. Sci.* 2(1) : 53-62.
- Nayak, M. G., Nagaraja, R. et Karunakaran, G. (2020). Influence of planting density on yield and quality of cashew (*Anacardium occidentale* L.) nuts. *Journal of Plantation Crops*, 48(1): 1-5. <https://doi.org/10.25081/jpc.2020.v48.i1.6393>.
- Northwood, P. J. et Tsakiris, A. (1967). Cashew nut production in Southern Tanzania III - Early yield from a cashew spacing experiment. *East African Agricultural and Forestry Journal*, 33(1) : pp. 81-82. <https://doi.org/10.1080/00128325.1967.11662180>.
- Oliveira, V. D., Miranda, F. D., Lima, R. N., et Cavalcante, R. R. R. (2006). Effect of irrigation frequency on cashew nut yield in Northeast Brazil. *Scientia Horticulturae*, 108(4) : 403-407.
- Olubode, O. O., Joseph-Adekunle, T. T., Hammed, L. A., et Olaiya, A. O. (2018) Evaluation of production practices and yield enhancing techniques on cashew productivity (*Anacardium occidentale* L.). *Fruits*, 73(2) : 75-100.
- Ohler, J.G. (2007). Modern varieties and cultivation of cashew. *Kluwer Academic Publishers*.
- Ohler, J. G. (1979). Cashew: Communication 71. Department of Agricultural Research, koninklik Instituut voor de Tropen, Amsterdam. 260 pages.
- Reddy, Y.T.N., Kurian, R.M., Rao, M.M. (2003). Canopy management in cashew (*Anacardium occidentale* L.) - A review. *Indian Journal of Horticulture*.
- Rejani, R., Rao, N.K.S. et Prabhakar, M., 2013. Soil moisture dynamics under different planting densities of cashew in rainfed regions of India. *Journal of Environmental Biology*, 34(6), pp.1065-1072.
- Saroj, P. L., Kumar, N. K. et Janakiram, T. (2014). Converting wastelands into goldmine by cashew cultivation. *Indian Horticulture*, 59(6) : 1-8
- Sousa, V. F. D. O., Santos, G. D., Rodrigues, M. H. B. S., Pimenta, S. F., Diniz, G. L., Ribeiro, M. D. et Silva, R. A. (2018). Production of cashew rootstocks submitted to organic and mineral fertilization. *Journal of Agricultural Science*, 10(4) : 392-401.
- Tripathy, P., Sethi, K., Patnaik, A. K., Mukherjee, S. K. et Saroj, P. L. (2015). Efficacy of plant density and nutrient management in cashew (*Anacardium occidentale* L.). *Progressive Horticulture*, 47(2), 213-217.
- Yadukumar, N., Rao, E. V. V. B. et Mohan, E. (2001). High-density planting of cashew. *tropical Agriculture* 78 : 19-28.
- Yadukumar, N., Rejani, R., Nandan, S. L., et Prabhakar, B. (2013). Nutrient budgeting and nutrient balance under high-density planting system in cashew (*Anacardium occidentale*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 83(1), 14-20.

EFFETS DE LA MANUTENTION POST-RÉCOLTE SUR LA QUALITÉ DES MATIÈRES GRASSES DANS LES NOIX DE CAJOU

P. A. Amissah, M. T. Agyemang, A. G. Adam, M. Aduama-Larbi et M. K. Aidoo, E. Gyedu Akoto
Division de la physiologie/biochimie, Institut ghanéen de recherche sur le cacao, New Tafo-Akim, Région de l'Est, Ghana

Résumé

Les noix de cajou sont de bonnes sources de protéines, de glucides, de vitamines, de minéraux et de matières grasses saines. La teneur en matières grasses de l'amande varie de 40 à 50 %, dont 62 % d'acides gras monoinsaturés, 18 % d'acides gras polyinsaturés et 20 % d'acides gras saturés. La forte teneur en acides gras insaturés prédispose les noix de cajou à l'oxydation des lipides, entraînant un rancissement oxydatif et une détérioration rapide des matières grasses. L'indice de peroxyde et les acides gras libres sont des indicateurs classiques du rancissement oxydatif des matières grasses et des huiles. Des études préliminaires réalisées le long de la chaîne de transformation du cajou ont indiqué que l'indice de peroxyde (IP) et la teneur en acides gras libres (AGL) des noix transformées étaient supérieurs aux valeurs acceptables ($IP \leq 1,0$ mEq/Kg de matières grasses et $AGL \leq 0,7$ % d'acide oléique). La teneur totale en matières grasses observée pour l'amande humide non dépelliculée cuite à la vapeur était de 24,4 % avec des valeurs de l'IP et de l'AGL de 7,1 mEq/Kg de matières grasses et de 1,8 % d'acide oléique respectivement. En ce qui concerne l'amande dépelliculée séchée, la teneur totale en matières grasses était de 28,1 % avec des valeurs de l'IP et de l'AGL de 10,8 mEq/Kg de matières grasses et de 0,9 % d'acide oléique respectivement. Afin de garantir la production de noix de haute qualité, il est nécessaire de comprendre les processus post-récolte des noix, depuis le champ jusqu'au stade de la consommation. Le présent article décrit les changements de l'IP et de l'AGL des matières grasses de cajou tout au long de la chaîne de transformation.

Mots-clés : Cajou, oxydation des lipides, indice de peroxyde, acide gras libre, rancissement

Introduction

Les amandes de cajou sont considérées comme très nutritives et contiennent une quantité considérable de protéines, de lipides, de glucides, de phosphore, de calcium, de fer et d'autres éléments minéraux (Venkatachalam et Sathe, 2006). Les amandes de cajou contiennent environ 40-50 % de matières grasses, dont environ 80 % d'acides gras insaturés (Venkatachalam et Sathe, 2006 ; King et al., 2008 ; Bai et al., 2018). Contenant des substances bioactives et bénéfiques pour la santé, les matières grasses sont depuis longtemps considérées comme des composantes importants de l'alimentation humaine. En outre, les noix de cajou contiennent des antioxydants tels que des flavonoïdes, des tocophérols, des polyphénols, du squalène et des vitamines, notamment les vitamines A, D et E, qui contribuent à l'absorption des matières grasses et renforcent les niveaux d'immunité chez l'homme (Ryan et al., 2006). La consommation de fruits à coque peut avoir plusieurs effets cardioprotecteurs, qui proviendraient de leur composante lipidique comprenant des acides gras insaturés (Miraliakbari et Shahidi F. 2008).

Les lipides constituant plus de 40 % de l'amande de cajou (Chandrasekara et Shahidi, 2011), leur oxydation est la principale cause de sa détérioration, entraînant la formation de mauvais goûts (rancissement oxydatif) qui nuisent à son acceptabilité (Wasowicz et al., 2004). Les aliments contenant des lipides sont oxydés à des vitesses différentes, entraînant une détérioration sensorielle et nutritionnelle. L'un des paramètres les plus importants influençant l'oxydation des lipides tient au degré d'insaturation des acides gras. La présence de composés naturels ayant des structures chimiques différentes et présentant une activité antioxydante peut également affecter le taux d'oxydation (Gutfinger T., 1981). En outre, les réactions d'oxydation des lipides nuisent à la valeur nutritionnelle en raison de l'oxydation des vitamines, de la dégradation des antioxydants bénéfiques et de la perte d'acides gras et d'acides aminés essentiels (Decker et al., 2010).

De la récolte à la consommation, les noix de cajou sont soumises à des processus technologiques qui intègrent le séchage, le stockage, la torréfaction ou la cuisson à la vapeur, le décortilage, le dépelliculage, puis la transformation secondaire comme le salage, la friture, le broyage, la cuisson et l'aromatisation (Akujobi et al., 2018, Griffin et Dean, 2017 ; Lima et al., 2015), afin de satisfaire les préférences des consommateurs telles que la couleur, la taille, la palatabilité, la saveur, le goût et l'arôme (Gadani et al., 2017 ; Lima et al., 2015). En vue de garantir la production de noix de haute qualité, il est nécessaire de comprendre les processus post-récolte des noix, depuis le champ jusqu'au stade de la consommation. Le présent article décrit les facteurs qui prédisposent l'amande de cajou à l'oxydation des lipides au cours des procédures de transformation.

Matériels et méthodes

Procédure de prélèvement et de transformation des échantillons

Les noix brutes proviennent des exploitations de cajou de l'Institut ghanéen de recherche sur le cacao (CRIG), à Bole. Les noix de cajou brutes (50 kg chacune) ont été bouillies à la vapeur à l'aide d'une chaudière à vapeur (à une pression de 8 kg/ms²) pendant 20 minutes. Les noix cuites à la vapeur ont été séchées à l'air pendant 24 heures, puis décortiquées à l'aide d'un coupe-cajou manuel afin d'obtenir des amandes de cajou humides non dépelliculées. Les amandes non épluchées ont ensuite été séchées au four à 80°C pendant 2 heures pour permettre de retirer facilement les pellicules de l'amande. Les amandes dépelliculées ont ensuite été triées et classées en fonction de la taille des noix. Cette opération a été suivie d'une torréfaction à 150-160°C pendant 20 minutes. Des échantillons d'amandes ont été prélevés à chaque étape de la transformation et analysés en vue de déterminer la teneur en matières grasses totales, en AGL et en IP.

Détermination de la teneur en matières grasses totales

Cette teneur a été déterminée par la méthode d'extraction de Soxhlet (AOAC, 1990). Chaque échantillon d'amande a été introduit dans l'extracteur de Soxhlet (Brand Biobase BFA-1S) contenant 250 ml de pétrole à 60°C pour une extraction complète de l'huile. Les réactifs utilisés étaient de qualité analytique. La teneur en matières grasses totales a été calculée comme suit :

$$\text{Graisserie brute} = ((w_2 - w_1) / s) \times 100 \%$$

Poids du ballon vide (g) = W1

Poids du ballon et de la graisse extraite (g) = W2

Poids de l'échantillon = S

Détermination de l'IP et de l'AGL

La teneur en IP et en AGL (sous forme oléique) de la matière grasse brute a été déterminée à l'aide de méthodes de titrage décrites dans la méthode officielle AOAC 965.33 (2003) et la méthode AOAC 940.28 (2003).

Résultats et discussion

La teneur en matières grasses des amandes humides non dépelliculées a été observée comme étant la plus faible. Ce résultat peut être dû à la quantité élevée d'humidité dans les échantillons humides (Tableau 1). Cette tendance a également été observée par (Vossen 1984), qui a signalé la difficulté d'extraire l'huile des fruits à forte teneur en eau par rapport aux fruits secs. Les amandes séchées non dépelliculées avaient également une teneur en matières grasses plus élevée que leurs homologues dépelliculées. Cette observation laisse penser que la testa peut contenir une quantité considérable de matières grasses (Donkor *et al.*, 2012). Les échantillons prélevés au stade du classement ont indiqué que les amandes entières avaient une teneur en matière grasse plus élevée que les amandes brisées, ce qui pourrait s'expliquer par une teneur en humidité plus élevée dans les amandes brisées que dans les amandes entières. Ces résultats sont conformes à ceux (Abdallah *et al.*, 2015) qui ont rapporté différentes teneurs en eau dans le beurre de karité extrait de noix de karité de différentes tailles. Le beurre extrait des plus grosses noix de karité était le moins humide et contenait plus de matières grasses que les plus petites, dont les matières grasses extraites étaient plus humides. La teneur en matières grasses des amandes brutes entières a diminué de 52,2 à 47,4 % après la torréfaction des amandes entières, ce qui peut être dû à l'effet d'une température de torréfaction élevée entraînant une certaine dégradation des matières grasses (Olatidoye *et al.*, 2020). Ce résultat concorde avec les conclusions de (Olatidoye *et al.* 2020), qui rapportent une teneur en matières grasses totales plus élevée dans les noix de cajou brutes que dans les noix grillées à différentes températures de torréfaction.

Tableau 1 : Effets de la transformation sur la qualité de la graisse de cajou

Étape de transformation	Échantillon	Matières grasses totales (%)	IP (mEq/Kg de matières grasses)	AGL (acide oléique)
Cuisson à la vapeur	Amandes humides non dépelliculées	24,4	7,1	1,8
Séchage	Amandes séchées non dépelliculées	30,8	7	1,5
	Amandes séchées dépelliculées (mélange)	28,1	10,8	0,9
Classement par grade	Amandes entières	52,2	4,65	0,37
	Amandes brisées	25,5	13	0,9
Torréfaction	Amandes entières torréfiées	47,4	7,12	0,57

*Valeur maximale acceptable de l'IP et de l'AGL pour les noix de cajou (IP ≤1,0 mEq/Kg de matières grasses et AGL ≤0,7 % Acide oléique (Autorité ghanéenne de normalisation 212:2013)

L'oxydation des lipides se caractérise par la production de peroxydes d'hydrogène (Raisi *et al.*, 2015). Les concentrations de peroxydes d'hydrogène déterminent la stabilité de stockage des matières grasses et des huiles comestibles et sont quantifiées en IP (Ajith *et al.*, 2015). L'indice de peroxyde constitue un indicateur classique du rancissement oxydatif des matières grasses et des huiles (Ajith *et al.*, 2015 ; Raisi *et al.*, 2015). Une augmentation de l'IP indique toujours le début du rancissement oxydatif (Olatidoye *et al.*, 2020). Les indices de peroxyde enregistrés pour la plupart des noix transformées (Tableau 1) étaient supérieurs aux valeurs maximales acceptables (IP ≤1,0 mEq/Kg de matières grasses ; Autorité ghanéenne de normalisation 212:2013). L'indice de peroxyde élevé (7-7,1 mEq/kg) enregistré pour les amandes humides non dépelliculées et les amandes séchées non dépelliculées peut être attribué à l'exposition de l'amande à une chaleur élevée pendant la cuisson à la vapeur (Tableau 1), dans la mesure où la chaleur favorise l'oxydation des acides gras, entraînant la formation de peroxydes (Cheftel et Cheftel, 1992). L'indice de peroxyde s'est accru de manière significative pour les amandes dépelliculées par rapport aux amandes non dépelliculées. Ce constat peut être dû à l'élimination de la testa de l'amande. La testa constitue un bouclier pour le noyau contre l'oxygène atmosphérique. Elle contient également des niveaux plus élevés d'antioxydants, tels que les tocophérols (Gharby *et al.*, 2012). Ce résultat est en cohérence avec celui de Harhar *et al.* (2015) marqué par un IP pour les amandes d'argan dépelliculées plus élevé que celui des amandes non dépelliculées après un stockage prolongé des deux amandes. Les noix entières torréfiées ont également enregistré un IP (7,12 mEq/kg) supérieur à celui des noix brutes entières (4,65 mEq/kg). Cette situation peut être due à la chauffe de la matière grasse contenue dans les noix lors de la torréfaction. La chaleur favorise l'oxydation des acides gras, augmentant la formation de peroxyde (Cheftel et Cheftel, 1992). Ce résultat concorde avec les conclusions d'Olatidoye *et al.* (2020) qui affichent un faible IP pour les noix de cajou brutes et un IP élevé pour les noix de cajou torréfiées. Adegoke *et al.* (2004) ont également indiqué que le processus de torréfaction augmentait la teneur en peroxyde de l'AGL et de l'iode de l'huile d'arachide.

La détermination de la teneur en AGL des huiles et des matières grasses est essentielle pour évaluer le degré de détérioration et d'hydrolyse. Plus la teneur en AGL est forte, plus le niveau d'acides gras libres est élevé, ce qui se traduit par une baisse de la qualité de l'huile. La teneur maximale acceptable pour les matières grasses et les huiles est de 0,7 % d'acide oléique (Autorité ghanéenne de normalisation 212:2013). L'amande humide non dépelliculée a enregistré une teneur en AGL plus élevée (1,8 % d'acide oléique) que ses homologues séchés (1,5 % d'acide oléique gras ; Tableau 1). L'augmentation de l'AGL peut être attribuée à la teneur en eau plus forte retenue dans l'amande après la cuisson à la vapeur, ce qui entraîne des activités lipolytiques plus élevées (Hoseney, 1994). Une tendance similaire a également été rapportée par Butt *et al.* (2004). La chaleur peut réduire l'activité de certaines enzymes impliquées dans le rancissement hydrolytique. Cependant, d'autres enzymes, telles que l'estérase, restent actives après le chauffage, ce qui entraîne une augmentation de la teneur en AGL dans les noix (Keme, 1983). La réduction de l'AGL après séchage peut être due à l'absence d'eau, qui limite l'activité de la lipase, puisque la présence d'humidité provoque l'hydrolyse de l'huile ou des triacylglycérols, entraînant la formation d'AGL. Tan *et al.*, (2001) ont également constaté que la teneur en AGL de l'huile de palme brute baissait après la procédure de séchage. L'amande séchée non dépelliculée a enregistré une teneur en AGL plus élevée (1,5 % d'acide oléique) que l'amande dépelliculée (0,9 % d'acide oléique). Ce résultat peut être dû au fait que la testa qui recouvre l'amande permet de retenir l'humidité (Hoseney, 1994).

Conclusion

Cette étude a montré que la transformation des noix de cajou brutes joue un rôle déterminant dans la qualité des matières grasses contenues dans les noix de cajou. Au cours des étapes de transformation, l'amande de cajou a été soumise à la chaleur, entraînant des modifications de l'IP et de l'AGL. Des niveaux élevés d'IP et d'AGL ont été enregistrés dans l'amande, ce qui peut entraîner une détérioration de la matière grasse et un rancissement. Les changements dans la qualité de la matière grasse peuvent avoir commencé dès le champ, d'où l'importance de mener l'étude depuis le champ jusqu'à la consommation de la noix. Cette étude a montré que la transformation des noix de cajou brutes joue un rôle déterminant dans la qualité des matières grasses contenues dans les noix de cajou. Au cours des étapes de transformation, l'amande de cajou a été soumise à la chaleur, entraînant des modifications de l'IP et de l'AGL. Des niveaux élevés d'IP et d'AGL ont été enregistrés dans l'amande, ce qui peut entraîner une détérioration de la matière grasse et un rancissement. Les changements dans la qualité de la matière grasse peuvent avoir commencé dès le champ, d'où l'importance de mener l'étude depuis le champ jusqu'à la consommation de la noix.

Références

1. Abdallah, A., Abubakari, A.H., Quainoo, A.K., (2015). Preliminary studies on the effect of shea kernel size on shea butter quality. *African Journal of Food Science*. 9. 237-242. 10.5897/AJFS2014.1188.
2. AOAC, 1990. Official Method of Analysis (13th Ed.). Horwitz E. Ed. Washington, DC. Association of Official Analytical Chemists, 7, 56-132. AOAC, 2003. Official Method 940.28 and 965.33. Horwitz W. Ed. (17th ed.), AOAC International, Gaithersburg, Maryland, Association of Official Analytical Chemists.
3. Adegoke, G.O., Falade, K.O., Babalola, O.C. 2004. Control of lipid oxidation and fungal spoilage of roasted peanut (*Arachis hypogaea*) using the spice of *A. danielli*. *Food Agric and Environ* 2, 128 – 131
4. Ajith, S., Pramod, S., Kumari, C.P., Potty, V., 2015. Effect of storage temperatures and humidity on proximate composition, peroxide value and iodine value of raw cashew nuts. *J. Food Sci. Technol.* 52, 4631–4636.
5. Akujobi, I. C., Afam-Anene, O. C., Nnoka, K., Amadi, J. A. C., et Duruaku, B. C. 2018. Nutrient composition, phytochemical and sensory properties of nuts from red and yellow varieties of cashew fruit. *Int. J. Inno. Food, Nutr and Sus Agri*, 6, 40–47.
6. Bai, S.H., Tahmasbian, I., Zhou, J., Nevenimo, T., Hannet, G., Walton, D., Randall, B., Gama, T., Wallace, H.M., 2018. A non-destructive determination of peroxide values total nitrogen and mineral nutrients in an edible tree nut using hyperspectral imaging. *Comp. Electron. Agric.* 151, 492–500.
7. Butt MS, Nasir M, Akhtar S, Sharif K. 2004. Effect of moisture and packaging on the shelf life of wheat flour. *Int. J. Food Safety* 4, 1-6.
8. Chandrasekara, N., et Shahidi, F. 2011. Potentiel antioxydant des composés phénoliques de la noix de cajou dans les aliments et les systèmes de modèles biologiques, en fonction de la torréfaction. *J Food Chemistry*, 129, 1388-1396
9. Cheftel, J.C., Cheftel, H. (1992) Introduction à la Biochimie et à la Technologie des Aliments. Technique et documentation, pp: 243 – 330 Paris Cedex.
10. Decker, E. A., Elias, R. J., et McClements, D. J. 2010. Oxidation in foods and beverages and antioxidant applications: Volume 1 (Woodhead Publishing, Cambridge).
11. Donkoh, A., V. Attoh-Kotoku, R.O. Kwame, R. Gascar. 2012. Evaluation of nutritional quality of dried cashew nut testa using laboratory rat as a model for pigs. *Sci. World* 10, 1-5.
12. Gadani, B. C., Milési, K. M. L., Peixoto, L. S., et Agostoni, J. S. 2017. Physical and chemical characteristics of cashew nut flour stored and packaged with different packages. *J., Food Sci and Tech*, 37, 657–662.
13. Gharby, S., H. Harhar, D. Guillaume, A. Haddad and Z. Charrouf. 2012. The origin of virgin argan oil's high oxidative stability unraveled. *Nat. Prod. Commun.* 7, 621-624.
14. Griffin, L. E., et Dean, L. L. 2017. Nutrient composition of raw, dry, roasted, and skin-on cashew. *J. Food Res.*, 6, 13–28.
15. Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oils. *J Am Oil Chem Soc* 58:966–968
16. Autorité ghanéenne de normalisation 212:2013
17. Harhar, H., Gharby, S., Guillaume, D., Bouzoubaa, Z., Kartah, B.E. et Charrouf, Z., 2015. Influence of argan fruit peel on the quality and oxidative stability of argan oil after prolonged storage. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 27(6), p.522.

- 18.Hoseney RC 1994. Principal of cereal science and technology. Am.Association of Cereal Chem. 2nd edition.Inc. St. Paul, Minnesota, U.S.A pp. 127-140.
- 19.King, J.C., Blumberg, J., Ingwersen, L., Jenab, M., Tucker, K.L., 2008. Tree nuts and peanuts as components of a healthy diet. J. Nutr. 138, 1736S–1740S
- 20.Keme T, Messerli M, Shejbal J, Vitali F. 1983. The storage of hazelnuts at room temperature under nitrogen (I). Rev Choc Confect Bakery.; 8: 24–28.
- 21.Lima, J. R., Nobre, A. C. O., Magalhaes, H. C. R., et Souza, R. N. M. 2015. Chemical composition and fatty acid profile of kernels from different Brazilian cashew tree genotypes. Afri J.Food Sci., 9, 390–394.
- 22.Miraliakbari H., Shahidi F. 2008. Lipid class composition, tocopherols and sterols of tree nut oils extracted with different solvents. J Food Lipids 15:81–96
- 23.Olatidoye, O., Shittu, T., Awonorin, S., Ajisegiri, E., 2020. Influence of roasting conditions on physicochemical and fatty acid profile of raw and roasted cashew kernel
- (Anacardium occidentale) grown in Nigeria. Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam. 15, 17-26.
- 24.Ryan, E., Galvin, K., O'connor, T., Maguire, A., O'brien, N., 2006. Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of brazil, pecan, pine, pistachio and cashew nuts. Int. J. Food Sci. Nutr. 57, 219–228.
- 25.Raisi, M., Ghorbani, M., Mahoonak, A.S., Kashaninejad, M., Hosseini, H., 2015. Effect of storage atmosphere and temperature on the oxidative stability of almond kernels during long-term storage. J. Stored Prod. Res. 62, 16–21
- 26.Tan C, Man YC, Jinap S, Yusoff M. 2001; Effects of microwave heating on changes in chemical and thermal properties of vegetable oils. J Am Oil Chem Soc. 78: 1227–1232.
- 27.Venkatachalam, M., Sathe, S.K., 2006. Chemical composition of selected edible nut seeds. J. Agric. Food Chem. 54, 4705–4714.
- 28.Vossen P. 1984. Understanding Olive oil Yield. Factors affecting crop an extraction. J. Sci. Agric. 4, 251-256.
- 29.Wasowicz, E. et Gramza Michalowska, Anna et Heś, M. et Jelen, Henryk et Korczak, Jozef et Małecka, Maria et Mildner-Szkudlarz, Sylwia et Rudzińska, Magdalena et Samotyja, Urszula et Zawirska-Wojtasiak, Renata. 2004. Oxidation of lipids in food. Pol J Food Nutr Sci. 13. 87-100.



EFFETS DE DIFFÉRENTS SUBSTRATS DE SOL SUR LA LEVÉE DE GERMINATION ET LA CROISSANCE DE VARIÉTÉS D'ANACARDIERS (*ANACARDIUM OCCIDENTALE* L.) AU NIVEAU DE LA STATION DE L'ISRA DE SANGALKAM/ SÉNÉGAL

Mr Ndiaye Mamadou¹, Mr Ngom Elhadji Thierno², Dr Marone Diatta³, Pr Charahabil Mohamed M²

¹ USDA funded LIFFT-Cashew Project Shelter for Life Int- Ziguinchor Senegal

² Département d'Agroforesterie Université Assane Seck de Ziguinchor

³ ISRA: Dakar Sénégal

Correspondance, e-mail : mamadoun@shelter.org; diatta.marone@isra.sn; mcharahabil@univ-zig.sn; elhadjithierno96@gmail.com

Résumé

L'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) contribue au développement socioéconomique de plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest dont le Sénégal, mais plusieurs contraintes limitent sa production et sa productivité. Parmi ces contraintes, il faut citer une baisse de rendement, un vieillissement des plantations et l'utilisation de matériel végétal non performant. Plusieurs recherches ont été menées à travers l'Afrique de l'Ouest pour améliorer significativement la production et la productivité de l'anacardier. Cependant, durant ces dernières décennies, l'essor fulgurant des plantations d'anacardiens en Afrique de l'Ouest devrait poser dans un futur proche, le problème de la disponibilité des terres et celles qui se prêteront mieux à la culture de l'anacardier. Les travaux sur l'effet de plusieurs textures de sol sur la germination et la croissance de l'anacardier sont rares. Cette recherche vise à étudier la germination et la croissance de deux variétés (vietnamienne et locale) suivant 5 textures de sol. Les sols sableux, argileux, sablo-argileux, argilo (sableux et sable de dune. Pour ce faire, un dispositif en split plot a été installé dans la station de recherche de l'ISRA / Sangalkam au Sénégal. Sur les différentes textures ((sable dune (T0), sableux (T1), argileux (T2), sablo-argileux (T3) et argilo-sableux (T4)), ont été semées les variétés locale (V1) et vietnamienne (V2)). Les résultats ont montré que le taux de germination varie en fonction de la variété et du temps ($P < 0,05$). La variété V2 a obtenu un taux de germination de 56,67 % contre 36,67 % pour V1 alors que le temps de levée est de 26 j pour V1 contre 33 j pour V2. Le taux de germination varie également suivant la texture de sol ; T0 (83,33%) T3 (75%), T1 (46,33%), T4 (25%) et T2 (8,33%). Les paramètres de croissance ont varié en fonction du temps ($P < 0,0001$). La hauteur la plus élevée a été obtenue sur T0 (31,7 cm) et la plus faible sur T3 (26,2 cm) à 90 jours après semis (90 JAS). Le diamètre et le nombre de feuilles ont varié suivant la variété ($P < 0,01$). V2 a obtenu en moyenne 12 feuilles contre 8 feuilles/plant pour V1 à 75 JAS. Les diamètres les plus élevés ont été obtenus chez V2 (0,69 cm) contre 0,52 cm chez V1. La variété vietnamienne sur substrat sablo-argileux pourrait contribuer à booster la production nationale en noix de cajou.

Mots clés : *Anacardium occidentale* L, Substrates, Variétés, Germination, Paramètres de croissance

I. INTRODUCTION

L'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) est une plante des zones de savanes, originaire du Brésil (Oluyole et al. 2017). Il est produit essentiellement pour son fruit et la noix de cajou reste très prisée dans le commerce international. A travers les revenus qu'il rapporte aux producteurs, l'anacarde participe au développement socio-économique de nombreux ménages ruraux dans le monde (Assih et Nenonene, 2022). C'est une plante à usages multiples (pharmacopée, bois de feu et de service, aliments, huile, savon, chocolat, etc.) ayant un potentiel considérable surtout dans les systèmes agroforestiers (Niang, 2002 ; Djaha, 2010). La production mondiale de noix de cajou brutes est estimée à 3 396 680 t pour une superficie cultivée de 3 276 756 ha en 2019 (Semporé et al. 2021). La production de noix en Afrique est estimée à 2 334 405 t. L'Afrique est la première productrice et exportatrice mondiale de noix de cajou, représentant plus de 50 % de la production (Semporé et al. 2021). Au Sénégal, les principales zones de production sont les régions de Sédhiou, Kolda, Ziguinchor et Fatick (Nugawela et al. 2006). Aujourd'hui, l'exploitation de l'anacardier constitue l'une des premières activités les plus rentables avec un rendement 542 kg.ha⁻¹ (Samb, 2019). Cette dynamique évolutive des plantations d'anacardier a été observée par Samb et al. (2018). La population dépendante représente environ 14,80 % de la population totale de ces régions et contribue à nourrir 20 % de la population de ces quatre régions (Fatick, Kolda, Sédhiou et Ziguinchor) (IRD/CEP 2, 2017). Cependant, les rendements à l'hectare estimés à 542 kg. ha⁻¹ au Sénégal sont faibles comparés à ceux de la Guinée Bissau (1 200 kg.ha⁻¹) (Samb, 2019). Mieux, sur une production mondiale de 2 200 000 t, le Sénégal ne représente que 0,8 % (Planetoscope, 2019). Cette situation s'explique par l'absence d'utilisation de variétés sélectionnées et améliorées, le vieillissement des plantations. En effet, la germination est l'une des étapes les plus sensibles dans la vie d'une plante (Koochaki, 1991 ; Ly et al. 2015). Les producteurs d'anacardiens rencontrent d'énormes difficultés dues à plusieurs facteurs tels que l'encadrement technique insuffisant, l'utilisation de variétés peu productives et de provenances inconnues (Sarr, 2002 ; Ndiaye et al. 2017). Cette situation de faible productivité nécessite l'implication des structures de recherche et de développement afin d'apporter les solutions requises. C'est dans ce cadre que le projet LIFFT-Cashew de Shelter For Life en lien avec l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA) a importé des semences de noix de cajou en provenance du Vietnam afin d'améliorer la qualité et la productivité dans la zone SéGaBi. C'est ainsi que ce travail de recherche vise à étudier « l'Effet de différents substrats de sols sur la levée de germination et la croissance de variétés d'anacardiens en condition contrôlée ».

L'objectif de cette étude est de contribuer à l'amélioration de la productivité de l'anacardier au Sénégal.

De manière opérationnelle, l'étude explore trois objectifs spécifiques à savoir:

- Évaluer le comportement en milieu contrôlé d'une variété en provenance du Vietnam ;
- Identifier le type de sol le mieux adapté à cette provenance ;
- Proposer aux producteurs la meilleure combinaison sol / plant pour la culture de cette provenance.

Cette recherche vise à vérifier les hypothèses selon lesquelles :

- H1 : la variété vietnamienne présente un taux de germination plus élevé que la locale ;
- H2 : la variété vietnamienne s'adapte mieux à la texture sablo-argileuse ;
- H3 : la croissance et le développement des plants sont meilleurs chez la variété vietnamienne.

2. MATERIEL ET METHODE

2.1 Description du milieu d'étude

Les activités de recherche se sont déroulées dans la station expérimentale de l'ISRA à Sangalkam (Latitude 14° 46' 44.30" N, Longitude 17° 13' 33.65" O, Altitude 19 m), situé dans la communauté rurale de Sangalkam, laquelle communauté rurale est située dans la région de Dakar, département de Rufisque (Figure 1).

Le climat est de type subcanarien et les sols sont de type argileux, sableux, argilo-sableux, sablo-argileux, riches en matières organiques. En saison chaude et pluvieuse (de juin à octobre), les températures moyennes varient de 25 à 30 °C. En saison fraîche (de novembre à avril), les températures moyennes varient entre 19 et 23 °C. La pluviosité moyenne annuelle varie autour de 400 mm (Camara *et al.*, 2013).

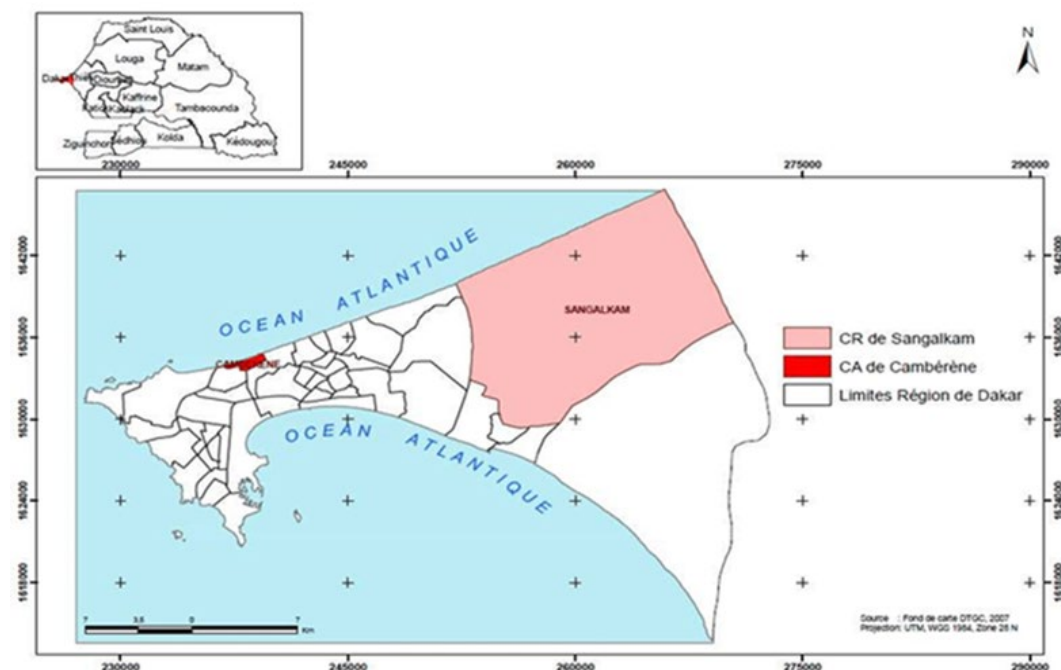


Figure 1 : Station de recherche ISRA - CDH de Sangalkam dans la région de Dakar (Camara *et al.* 2013).

2.2. Matériel végétal

Le matériel végétal à tester est composé de noix de cajou en provenance du Vietnam et d'une variété locale sénégalaise.

La variété d'anacarde (PN1) est une nouvelle variété importée du Vietnam (V2) qui a une grande adaptabilité. Le nom attribué à cette sélection est : *SFL/ISRA 30723*. Originnaire de *TrueCoop/Vietnam*, elle a les caractères agronomiques de fructification variant de 10 à 15 fruits par grappe-1 ; un nombre de noix compris entre 140-160 grains.kg-1. Cette variété est déjà disponible au niveau de plusieurs multiplicateurs dans la région de SéGaBi avec des producteurs pilotes, mais aussi dans les centres de recherche de ISRA-NARI (LIFFT, cashew Project). Elle est caractérisée par un port érigé ; une couleur vert foncé des feuilles ; une floraison en grappe ; une couleur grise de la noix. Cette variété donne un rendement potentiel de 2 500-3 000 kg.ha⁻¹ (Le Quy Kha-FR, 2017). Les semences ont été importées au mois de Février 2023.

Les noix de la variété locale (V1) utilisées dans cette étude donnent un rendement variant de 250 à 400 kg.ha⁻¹ (Ndiaye *et al.* 2017). Elles ont été récoltées au mois de mars 2023 à Keur Martin dans la région de Fatick au Sénégal.

2.3. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est un split plot avec 2 facteurs. Le facteur principal étudié est la variété avec 2 niveaux ; la variété locale (V1) et la variété vietnamienne (V2) et le deuxième facteur étudié est la texture du sol avec 5 niveaux ; sable de dune (T0), sol sableux (T1), sol argileux (T2), sol sablo-argileux (T3) et sol argilo-sableux (T4). Ce qui fait un total de 10 traitements. Le dispositif est constitué de 03 blocs distants de 1 m entre eux. Chaque bloc est long de 3,5 m et large de 0,5 m, soit une superficie de 1,75 m². Il est divisé en 05 sous blocs correspondant aux 05 substrats de sol sur lesquelles sont randomisées les deux variétés d'anacardier. Chaque bloc contient 20 gaines et une graine a été semée dans chaque gaine.

Les graines ont été semées suivant le dispositif ci-dessous (Figure 2).

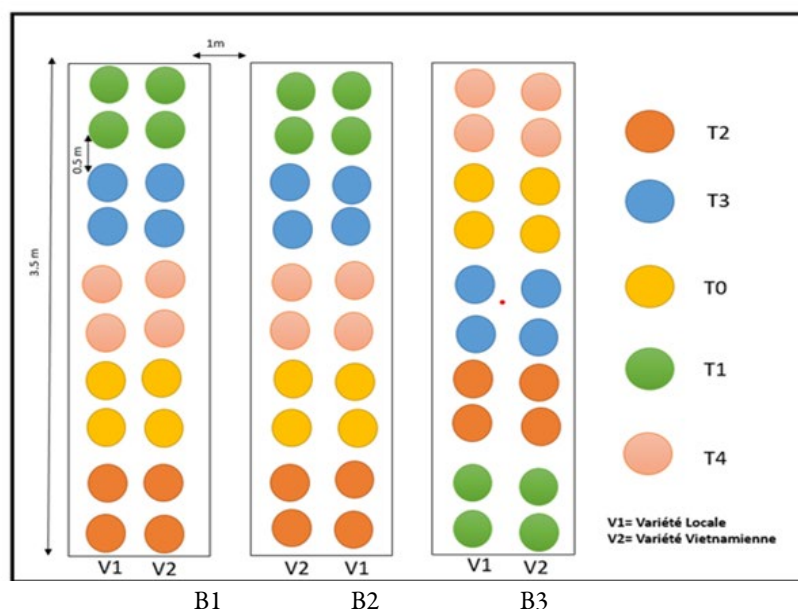


Figure 2 : Dispositif expérimental en split-plot

T3 : la texture est composée de 2/3 de sable sur 1/3 d'argile ;

T4 : la texture est composée de 2/3 d'argile sur 1/3 de sable.

Le substrat de rempotage a été composé comme suit : 2/3 d'une texture pour 1/3 de fumier bien décomposé sauf pour le témoin T⁰.

2.4. Semis des noix et entretien de la pépinière

Les noix ont été semées le 05 Septembre 2023 suivant la position dorsale et sans prétraitement dans les différents types de substrats repotés dans des gaines de mêmes dimensions (largeur : 14 cm ; longueur : 24 cm). Les noix ont été enfouies dans les substrats, à 3 cm de profondeur. Après semis, les gaines ont été bien arrosées. A l'aide d'arrosoirs manuels, les blocs ont été arrosés en raison de 24 Litres par bloc et par jour durant les 30 jours après semis. Une ombrière a été installée pour limiter les coups de chaleur.

2.5. Données collectées

Les observations quotidiennes effectuées ont permis d'enregistrer les dates de levée de germination et de compter le nombre de levées de germination durant les 30 jours qui suivent le jour de semis. Ensuite, des observations sur la germination ont été effectuées hebdomadairement à cause de la lenteur de la levée de germination constatée sur certains substrats.

Les paramètres suivants ont été évalués :

- Vitesse de germination (VG) = temps au bout duquel 50% des graines ont germé (Come, 1970 ; Scott *et al.* 1984).
- Délai de germination (DG) = intervalle de temps entre le semis et les premières graines germées (Bayarassou, 2011 ; Samb, 2015).

Trente (30), quarante-cinq (45), soixante (60), soixante-quinze (75) et quatre-vingt-dix (90) jours après semis, des mesures de diamètre, de hauteur et de nombre de feuilles ont été réalisées dans chaque bloc. La hauteur des tiges principales des plants a été mesurée à l'aide d'une règle graduée (cm). Le diamètre au collet des plants a été mesuré à l'aide d'un pied à coulisse. Le nombre de feuilles pour chaque plant a aussi été déterminé par comptage.

Il a été relevé d'autres observations telles que la mortalité après germination et le comportement des plants après levée.

2.6. Analyse des données

Le taux de levée final (TLF), la Vitesse de Germination (VG) et le Délai de germination (DLG) ont été déterminés selon les formules suivantes :

$$\text{Taux de levée final : TLF} = (\text{nombre de graines levées}) / (\text{nombre total graines semées}) \times 100$$

Pour évaluer la vigueur des jeunes plants, une comparaison de la hauteur des plants, du diamètre et du nombre de feuilles par individu a été faite. Selon Alexandre (1977), le rapport hauteur / diamètre est un indice de la vigueur respective des parties aériennes et souterraines de la plante. Selon Devineau (1991), un rapport Hauteur/Diamètre élevé traduit une prédominance de la croissance terminale sur la croissance cambiale et serait dû à un défaut des entrées énergétiques. Plus le rapport est élevé, c'est-à-dire au-delà de 80, plus les plants sont filiformes et de mauvaise tenue (Hamawa *et al.* 2019).

L'analyse statistique des données a été conduite sous le logiciel R version 4.2.1. Dans un premier temps un Test de normalité de Shapiro wilk (Shapiro *et al.*, 1965) a été effectué avant de faire l'ANOVA à 4 facteurs pour identifier les grands ensembles et situer le niveau de différence entre les traitements si les données sont normales et des tests non paramétriques Wilcoxon.test et Kruskal-Wallis pour les données anormales. De plus, le Test de Tukey a été conduit en vue de réaliser une comparaison multiple des moyennes deux à deux pour identifier les traitements dans lesquels une différence significative a été notée.

3. RESULTATS

3.1. Germination des graines

3.1.1. Taux de levée cumulée durant les 30 JAS

Les graines semées dans le dispositif expérimental ont subi des observations quotidiennes afin de suivre la levée après germination. La première levée a été observée au 14^e jour après semis chez la V1. Au 15^e jour, la première levée a été observée chez la V2.

Durant les 30 jours après semis, il a été obtenu un taux de levée de 36,67 % chez la V1 et 50 % chez la V2. La vitesse de germination (VG) est donc plus rapide avec la variété vietnamienne que chez la variété locale. C'est au 26^e jour après semis que 50 % des graines semées de la variété vietnamienne ont germé. Le test de wilcoxon n'a décelé aucune différence significative des levées de germination en fonction des variétés ($p\text{-value} = 0,6448$).

Le taux de germination augmente en fonction des jours pour les deux variétés. A partir du 26^e jour après semis (JAS), aucune levée n'a été enregistrée pour le reste des 30 JAS (Figure 3).

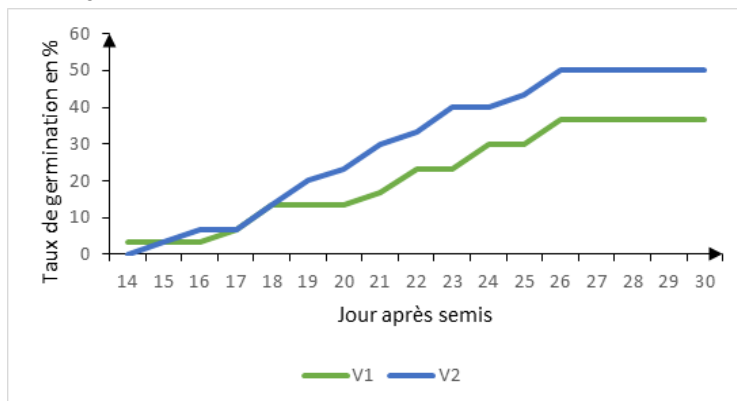


Figure 3 : Taux de levée dans le temps en fonction de la variété

3.1.2. Taux de levée

Au total, le taux de levée enregistré est de 56,67 % pour V2 et 36,67 % pour V1. Cependant, le test de wilcoxon n'a montré aucune différence significative du nombre de levée en fonction des variétés pour $p\text{-value} = 0,3238$ (Figure 4).

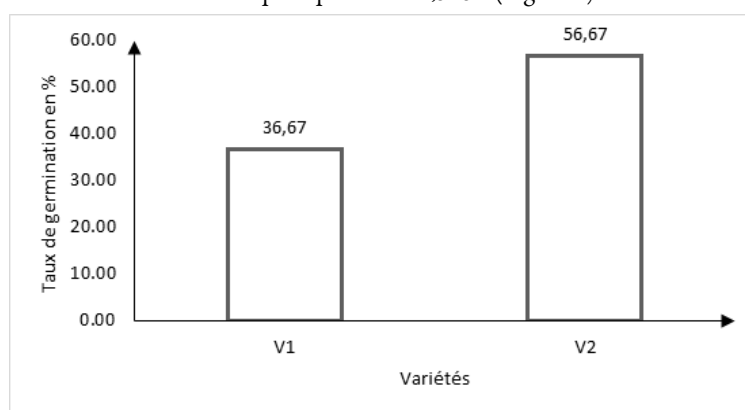


Figure 4 : Taux de levée de la germination en fonction de variété

3.1.3. Taux de levée durant les 30 JAS

Les substrats sur lesquels les premières levées ont été observées sont T1 (14^e jour après semis) suivi de T0 (15^e jour après semis). C'est au 16^e JAS que T3 a enregistré sa première levée et au 18^e JAS pour T4. Il n'a été observé aucune différence significative entre le nombre de levées et la texture à $p\text{-value} = 0,07771$. Cependant, arithmétiquement, T0 a enregistré le plus grand taux de levée (83,33%) suivi de T3 (75%), T1 (41,67%) et T4 (16,67%). Toutefois, il sied de noter qu'aucune levée n'a été observée durant les 30 jours après semis sur T2 (Figure 5).

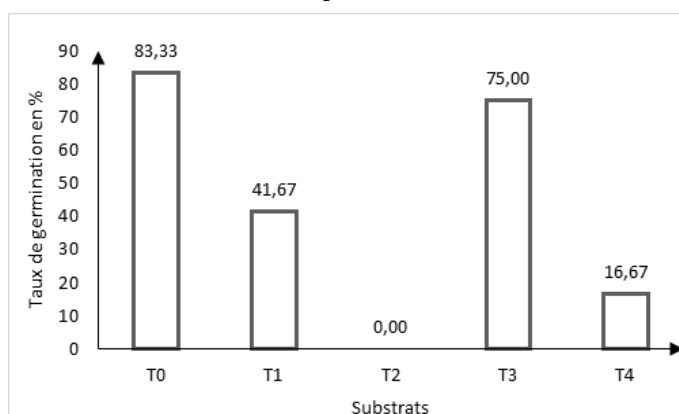


Figure 5 : Taux de levée en fonction de la texture au 30JAS

3.1.4. Levée après les 30 jours après semis

La première levée de la texture 100 % argile a été enregistrée au 33e jour après semis avec la variété vietnamienne. Dans cette même semaine, deux levées ont été enregistrées sur T1. Sur T4 une levée a été observée la semaine suivante.

Au final le taux de levée en fonction des substrats est représenté dans la figure 7 avec T0 (83,33%) T1 (41,67%), T2 (8,33%), T3 (75%) et T4(25%).

Le taux de levée n'a pas varié significativement en fonction des substrats ($P=0,2114$). Cependant, arithmétiquement, les plus grands taux de germination ont été enregistrés sur T0 (83,33%) et T3 (75%). T2 a donné le plus petit taux de germination (8,33%) (Figure 6).

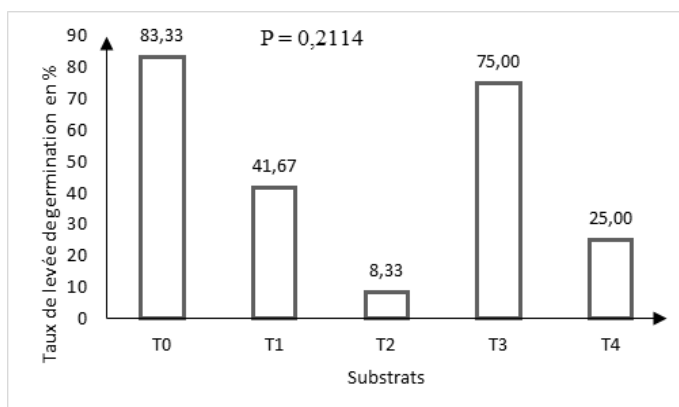


Figure 6 : Taux de levée total en fonction de la texture

Le taux de levée varie significativement en fonction du temps ($P = 0,04677$). Le taux de levée le plus important a été obtenu dans la semaine du 21-27 JAS (53,57%) et le plus faible a été obtenu dans la semaine du 28-34 JAS (7,14%) (Figure 7).

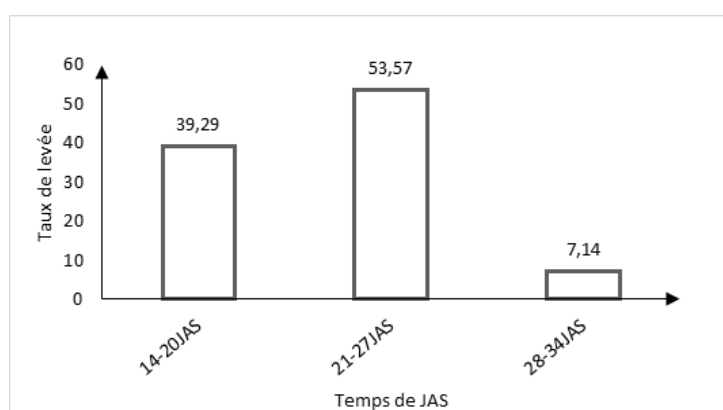


Figure 7. Taux de levée en fonction du temps

3.1.5. Mortalité et défauts des plants en fonction de la variété et de la texture.

Il a été observé sur T0 un défaut de croissance. Un retard de croissance a été observé avec les substrats T2, T4 de la variété V1. Il a été enregistré aussi sur T1 une interruption de la levée de germination. Au 60 JAS, le taux de mortalité est relativement faible soit 14,29 % chez V1 et 10,71 % chez V2 (Figure 8b). Les taux de mortalité les plus élevés ont été enregistrés dans les substrats T0 (10,71 %) et T3 (7,14 %) (Figure 8a).

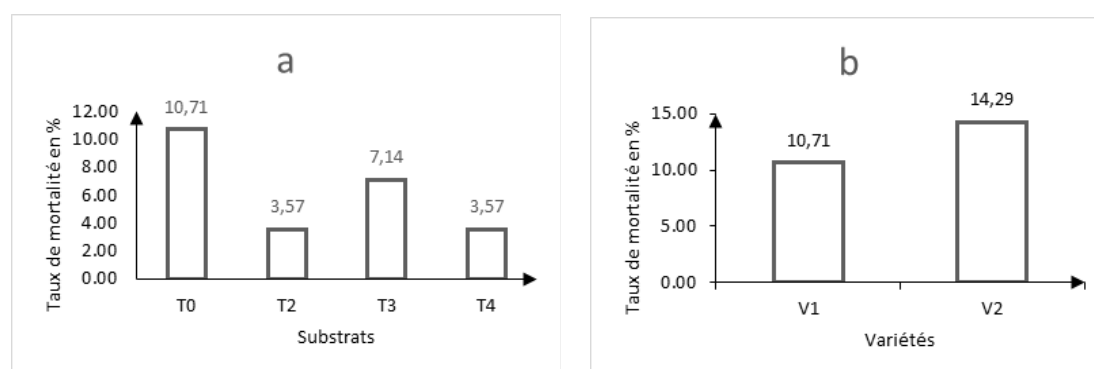


Figure 8 : Taux de mortalité en fonction des substrats (a) et des variétés (b)

3.2. Variation des paramètres de croissance des plants par variété et par texture

Il a été noté une différence très hautement significative ($P=0,000728$) entre les hauteurs moyennes en fonction des substrats à 90 JAS. Suivant la hauteur moyenne, la texture T0 a donné la plus élevée (31,57 cm) suivi de T1 (29,06 cm) et T4 (28,83 cm), la hauteur la plus faible a été obtenue avec T3 (24,62 cm) (Figure 9). Le diamètre a varié très significativement en fonction de la variété ($P= 0,00413$) et de la texture du

sol ($P=0,00111$). Le nombre de feuilles a relevé une différence très significative entre les variétés ($P=0,00137$).

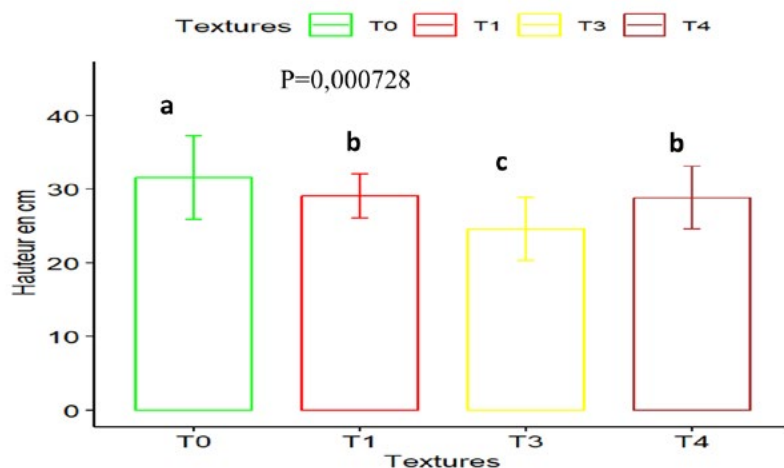


Figure 9 : Variation de la hauteur des plants en fonction des substrats

Le diamètre a varié très significativement en fonction de la variété ($P=0,00413$). Les plants de V2 présentent les plus gros diamètres (0,61 cm) par rapport à ceux de V1 (0,53 cm) (Figure 10). Une différence très significative des diamètres a été notée selon les textures ($P=0,00111$). Les plants de la texture T1 ont les plus gros diamètres (0,67 cm en moyenne) suivis de ceux de T4 (0,60 cm) et de T3 (0,58 cm). Les plus faibles diamètres ont été obtenus avec les plants de la texture T0 à 0,49 cm (Figure 11).

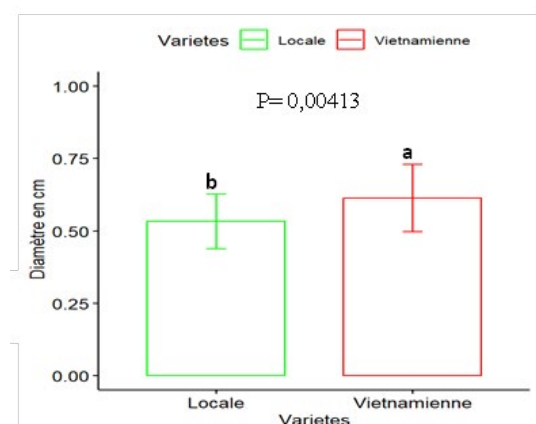


Figure 11 : Variation du diamètre des plants en fonction de la variété

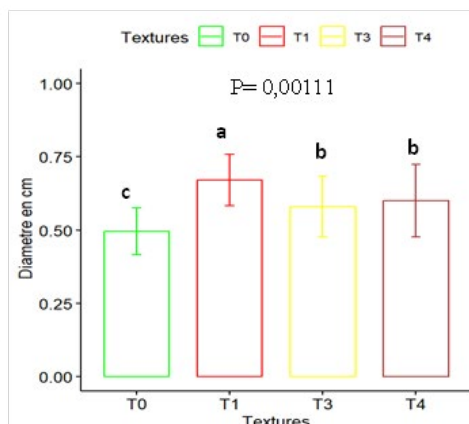


Figure 10 : Variation du diamètre des plants en fonction de la texture

Les plants de V2 ont présenté en moyenne un nombre plus élevé de feuilles (11 feuilles) que ceux de V1 (9 feuilles) (Figure 12).

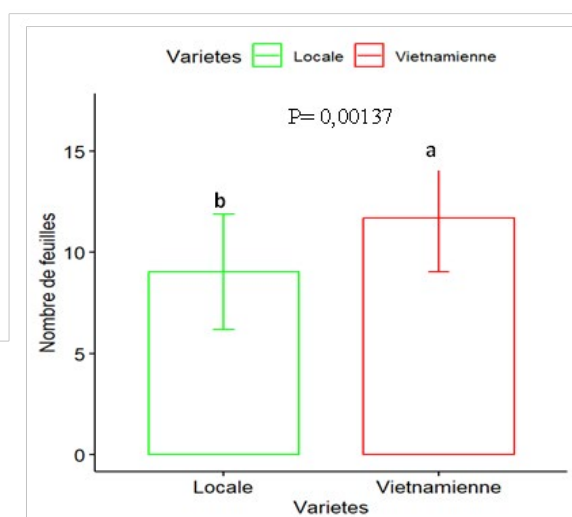


Figure 12 : Variation du nombre de feuilles des plants en fonction de la variété

3.3. Paramètres de croissance des plants par variété et par substrat en fonction du temps

3.3.1. Croissances des plants par variété au 60,75 et 90 JAS

Le tableau 1 présente les valeurs des moyennes des paramètres de croissance en fonction de la variété au 60,75 et 90 JAS. Ces résultats montrent qu'il n'y a aucune différence significative entre les hauteurs en fonction des variétés. Le diamètre et le nombre de feuilles varient significativement en fonction de la variété. En effet, la V2 présente les meilleures moyennes au 75 et 90 JAS. Le rapport H/D de V1 est supérieur à celui de V2 ce qui signifie que V2 a une meilleure vigueur par rapport à V1 au 90JAS. Toutefois les plants issus des deux variétés présentent une bonne vigueur (H/D inférieur à 80).

Tableau 1 : Paramètres de croissance en fonction des variétés à 60,75 et 90JAS

		60JAS	75JAS	90JAS	P-value
Hauteur	V1	27±7,74	27,78±7,74	28,92±7,74	ns
	V2	26,86±7,74	29,14±7,74	29,88±7,74	
Diamètre	V1	0,50±0,12	0,52±0,12	0,58±0,12	0,00413
	V2	0,54±0,12	0,62±0,12	0,69±0,12	
Hauteur/Diamètre	V1	54,61	53,42	52,63±16.89	0,0425
	V2	51,41	48,18	44,35±16.89	
Nombre de feuilles	V1	8±2	8±2	9±2	0,00137
	V2	11±2	12±2	12±2	

3.3.2. Croissances des plants en fonction des substrats au 60,75 et 90 JAS

Le tableau 2 représente les valeurs des moyennes des paramètres de croissance en fonction de la texture suivant le temps. L'analyse de la variance a révélé une différence significative de la hauteur, du diamètre et du rapport H/D en fonction des substrats avec les p-values respectives de 0,00413, 0,0425 et 0,00137. La hauteur moyenne la plus élevée a été obtenue sur T0 (30,9 cm ; 32,10 cm ; 31,70 ±7,74 cm respectivement aux 60 ; 75 et 90 JAS) et la plus faible sur T3 (23,17 cm ; 24,75 cm ; 26,20 cm respectivement aux 60 ; 75 et 90 JAS).

T1 présente le diamètre moyen le plus élevé avec 0,61 cm ; 0,65 cm ; 0,77 cm respectivement aux 60 ; 75 et 90 JAS et le diamètre moyen le plus faible a été obtenu sur T0 (0,46 cm ; 0,51 cm ; 0,51 cm respectivement aux 60 ; 75 et 90 JAS).

Le nombre de feuilles moyen est de 12 feuilles/plant sur les substrats T1 au 90 JAS et 9 feuilles /plant sur les substrats T0 au 90 JAS. Le rapport H/D est plus élevé sur T0 (67,49) suivi de T4 (57,43) au 60 JAS. Il est plus faible sur les substrats T3 (38,95) et T1 (39,97) au 90 JAS.

Ces résultats montrent que les plants ont obtenu les meilleures vigueurs sur les substrats T3 et T1. Les plants du substrat T0 ont obtenu les vigueurs les plus faibles.

Tableau 2. Paramètres de croissance en fonction des variétés à 60 ; 75 et 90 JAS

		60JAS	75JAS	90JAS	P-value
Hauteur	T0	30,9±7,74	32,10±7,74	31,70±7,74	0,000728
	T1	27,6±7,74	29,30±7,74	30,57±7,74	
	T3	23,17±7,74	24,75±7,74	26,20±7,74	
	T4	26,50±7,74	29,75±7,74	30,25±7,74	
Diamètre	T0	0,46±0,12	0,51±0,12	0,51±0,12	0,00111
	T1	0,61±0,12	0,65±0,12	0,77±0,12	
	T3	0,525±0,12	0,55±0,12	0,67±0,12	
	T4	0,470±0,12	0,64±0,12	0,69±0,12	
Hauteur/Diamètre	T0	67,49±16,89	63,26±16,89	52,63±16.89	1,63e-08
	T1	45,40±16,89	44,84±16,89		
	T3	44,74±16,89	44,40±16,89		
	T4	57,43±16,89	48,46±16,89	44,35±16.89	
Nombre de feuilles	T0	9±2	10±2	9±2	ns
	T1	9±2	11±2	12±2	
	T3	10±2	10±2	11±2	
	T4	10±2	11±2	11±2	

4. Discussion

4.1. Levée de germination en fonction des variétés et de la texture

4.1.1. Levée de germination en fonction de la variété

La présente étude a révélé que la levée de germination débute au 14^e JAS comme l'ont déjà observé Lefebvre (1966) ; Djaha *et al.* (2010). Elle a été observée au 14^e JAS chez V1 et au 15^e JAS chez V2.

Le taux de germination par variété augmente en fonction du temps pour rester constant à partir du 26^e JAS. Le temps moyen qu'a duré la germination des semences d'anacardier, dans les conditions d'expérience, est de 26 jours pour la variété V1 et 33 jours pour la variété V2. Au total, 56,67 % de levées pour la variété V2 contre 36,67 % pour la variété V1 ont été observés. Ce résultat confirme l'hypothèse 1 selon laquelle, la variété vietnamienne présente un taux de germination plus élevé que la locale. Ce résultat peut être expliqué par le fait que les semences n'ont pas subi de prétraitement ni de test de flottaison. Selon Touré *et al.* (2018), le taux de germination est fonction de la variété, du prétraitement et de la position des noix dans le sol. La durée de conservation des graines (semences) pourrait aussi avoir une influence sur la germination comme le montre Lefebvre (1966) selon qui, le taux de germination des semences de *A. occidentale* varie entre 93 et 98 % dans les premiers mois après la récolte. Ce taux tombe à 55 % au 8^e mois et à 45 % au 12^e mois. La discontinuité observée au niveau de la germination peut s'expliquer par le fait que les semences ne sont pas toutes au même stade de développement physiologique à un instant donné, comme l'a observé Parisot (1988) sur le manguier. Par ailleurs, la différence de comportement observée au niveau de la germination des semences provenant des deux variétés est imputable à des différences au niveau des caractéristiques intrinsèques (Paulo *et al.* 2002 ; Djaha *et al.* 2010). La différence du taux de levée entre les variétés pourrait s'expliquer par le fait que le pouvoir germinatif de la variété vietnamienne est plus élevé que celui de la variété locale. Ce résultat est en phase avec celui de Fané (2021) qui stipule que la provenance des variétés influe sur la germination. Les résultats obtenus sur le taux de germination sont supérieurs à ceux de Djaha *et al.* (2010) qui ont obtenu un taux de germination de 40,83 et 37,50 % respectivement pour les variétés LAX1432 et LAX2081. Cependant ces résultats sont inférieurs à ceux de Touré *et al.* (2018) qui ont obtenu des taux de germination les plus élevés chez les variétés James (79,16 %) et Henry (63,58 %) et le plus faible chez la Costa Rica (51,67 %). Cette différence pourrait être expliquée par le fait qu'ils ont effectué un test de germination et de flottaison mais aussi par le fait qu'ils ont utilisé le même type de substrat.

4.1.2. Levée de germination en fonction de la texture

Les premières levées ont été observées aux environs de deux semaines après semis (14, 15 et 16^e JAS) dans les substrats T1, T0 et T3. A ces dates, il n'y a pas eu de levée au niveau de T4 jusqu'au 18^e JAS et T2 au 33^e JAS. Le taux de levée en fonction des substrats a montré les résultats que le taux de germination le plus élevé est obtenu sur T0 (83,33%) et T3 (75%), suivis de celui de T1 (46,33%). Les taux les plus faibles ont été observés sur T4 (25%) et T2 (8,33%). Les délais de germination les plus faibles ont été obtenus avec les substrats T0, T1 et T3. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que les substrats T0, T1 et T3 sont plus légers par rapport aux substrats T4 et T2. Ce qui est en phase avec l'expérience de Lacroix, (2003) qui affirme que *A. occidentale* préfère des sols meubles et profonds. Il affirme aussi que le sol doit être sableux ou bien drainé. L'anacardier aime les sols légers non asphyxiques et profonds (Lacroix, 2003). Les taux de levée obtenus chez T0 et T3 pourraient s'expliquer par le fait que les graines semées dans ces substrats étaient plus aptes à germer que celles semées dans T1. En effet, les graines n'ont subi aucun prétraitement ce qui peut favoriser des caractéristiques initiales inégales entre les graines concernant leur capacité germinative. Les faibles taux de levée obtenus sur les substrats T4 et T2 pourraient s'expliquer par le fait que la lourdeur de la texture ne favorise pas la levée. L'anacardier apprécie les sols profonds et meubles, sableux ou graveleux. Il s'emploie même dans la végétalisation des dunes côtières pour éviter l'érosion même si la récolte est presque nulle. En revanche il craint les horizons durcis qui empêchent la pénétration des racines (Fine Media, 2017). Joker (2003) et Assih et Nenonene (2022), affirment que ce sont plutôt les sols sableux ou sablo-limoneux qui sont les mieux indiqués pour la production d'anacarde compte tenu du fait qu'ils soient généralement profonds et drainent bien l'eau. L'anacardier préfère les sols légers, sableux, profonds, bien drainés et composés de 25 % d'argile (Lautié *et al.* 2001).

4.2. Croissance des plants en fonction des variétés et de la texture

L'étude a montré que les paramètres de croissance varient en fonction du temps ($P < 0,0001$). Le type de variété a une influence sur le diamètre et le nombre de feuilles des plants ($P < 0,05$). Les plants de la variété vietnamienne ont les plus gros diamètres avec une valeur moyenne de 0,61 cm contre 0,53 cm pour la variété locale. En ce qui concerne la variation de la hauteur des plants, il y a une différence très hautement significative ($P = 0,000728$) entre les substrats. La hauteur la plus élevée a été obtenue avec T0 (31,57 cm) suivie de T1 (29,06 cm) et T4 (28,83 cm), la hauteur la plus faible a été obtenue avec T3 (24,62 cm). Les plus gros diamètres ont été enregistrés avec la texture T1 (0,67 cm) suivie de T4 (0,60 cm) et de T3 (0,58 cm). Les plus faibles diamètres ont été obtenus avec les plants de la texture T0 (0,49 cm). En termes de vigueur, le rapport H/D a montré que les plants de la texture T3 présentent la meilleure vigueur (38,95) suivie de la texture T1 (39,97). La vigueur la plus faible a été obtenue avec les plants de la texture T0 (63,36). Ce résultat s'explique par le fait que l'absence de fumier dans T0 favorise un développement en hauteur plus qu'en diamètre des plants comme l'affirme Smirnov *et al.* (1977) selon qui, le fumier est un engrais organique de première importance renfermant tous les éléments nutritifs nécessaires à la plante pour son développement. Le jaunissement des feuilles observées sur T0 pourrait être causé par le manque d'éléments nutritifs du substrat. La différence de diamètre entre les variétés s'explique par des caractéristiques intrinsèques aux variétés. Le rapport H/D des plants est inférieur à 80, cette situation peut s'expliquer par le fait que les plants d'anacardiers âgés de moins de deux mois sont à une période du cycle de développement où la croissance en hauteur n'est pas favorisée par rapport à la croissance en diamètre (Frieden *et al.*

2004). Selon Devineau (1991), un rapport H/D élevé traduit une prédominance de la croissance terminale sur la croissance cambiale et serait dû à un défaut des entrées énergétiques. Plus le rapport est élevé, c'est-à-dire au-delà de 80, plus les plants sont filiformes et de mauvaise tenue (Hamawa *et al.* 2019). Ces résultats sur la hauteur sont supérieurs à ceux de Touré *et al.* (2018) obtenus sur la variété Bénin jaune avec la hauteur la plus élevée de $13,97 \pm 0,32$ cm au 90 JAS. Le diamètre et le nombre de feuilles obtenus sont faibles par rapport aux résultats de Coly (2016) qui a obtenu un diamètre au collet moyen de 0,95 cm et un nombre moyen de feuilles par plant de 12. La différence de croissance constatée entre les variétés peut être liée à la capacité adaptative de chaque variété surtout que cette dernière est plus significative pour les espèces sahéliennes lors des premières phases de croissance (Ado, 2017).

5. Conclusion et perspectives

Cette étude a permis d'évaluer les paramètres de germination et de croissance de deux variétés d'anacardiers de provenances différentes et de connaître le meilleur substrat pour ces paramètres. Les résultats montrent que la provenance de la semence a une influence sur la germination et la croissance des plants d'anacardiers selon la texture du sol. Les graines de la variété vietnamienne semées naturellement ont donné un taux de levée plus intéressant que la variété locale. Cette différence confirme l'hypothèse 1 selon laquelle la variété vietnamienne présente un taux de germination plus élevé que la variété locale. Le taux de levée le plus élevé a été enregistré sur le substrat (T3) pour la variété vietnamienne et sur le T0 pour la variété locale ; ce qui confirme l'hypothèse 2 selon laquelle la variété vietnamienne s'adapte mieux à la texture sablo-argileuse (T3).

Les meilleurs substrats favorables pour un bon développement des plants sont le substrat sablo-argileux (T3) et le substrat sableux (T1) dans lesquels les plants ont présenté une meilleure vigueur (H/D inférieur à 80). En somme la meilleure vigueur a été obtenue avec la variété vietnamienne et le substrat sablo-argileux (T3) confirmant l'hypothèse 3 selon laquelle la croissance et le développement des plants sont meilleurs chez la variété vietnamienne.

Toutefois, des études complémentaires devraient être entreprises sur le :

- l'effet de l'irrigation sur la germination et la croissance de variétés d'anacardiers ;
- l'effet de la température sur la croissance des plants d'anacardiers en pépinière ;
- le suivi des plantations et des attaques de pathogène de la variété d'anacardier vietnamienne au Sénégal ;
- l'effet du greffage des variétés locale et vietnamienne sur la croissance et de développements des plants ;
- l'effet de la dose d'argile sur la germination et la croissance des variétés d'anacardiers au Sénégal.

Références

- Alexandre D.Y., (1977). Régénération naturelle d'un arbre caractéristique de la forêt équatoriale de Côte d'Ivoire : *Turraecanthus africana* Pellegr. *Ecologia Plantarum* 12(3) : pp. 241 – 262.
- Assih A. et Nenonene A. Y., (2022). Etat de fertilité des sols des vergers d'anacardiers (*Anacardium occidentale* L.) et ses effets sur la productivité en noix d'anacarde au Togo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 16(4): 1448-1458. 12p. 10.4314/ijbcs.v16i4.8. ISSN: 1991-8631
- Camara M., Mbaye A. A., Ndiaye S.S.A., Gueye T., Noba K., Diao S., Cilas C., (2013). Etude de la productivité et de la sensibilité de diverses variétés de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) à la virose du jaunissement et de l'enroulement en cuillère des feuilles au Sénégal. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(6) : pp. 2504-2512
- Coly M.L., (2016). Études des caractéristiques morphologiques et de la germination des noix de *Anacardium occidentale* L. de la région de Ziguinchor. Mémoire de Fin de cycle : École Nationale Supérieure d'Agriculture (Sénégal), 57 p.
- Devineau J.L., (1991). Variabilité de la croissance en circonférence des arbres dans les forêts semi –décidues de Lamto (Côte d'Ivoire). *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, vol. 46 : pp. 95-124.
- Oluyole KA, Agbeniyi SO, Ayegbonyin KO. (2017). Competitiveness of Cashew Production in Nigeria. *Int. J. Res. Agric. For.*, 4(8): pp. 1-7.
- Djaha J.B., N'guessan A.K., Ballo C.K., Ake S., (2010). Germination des semences de deux variétés d'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) élites destinées à servir de porte-greffe en Côte d'Ivoire. In: *Journal of Applied Biosciences*, 32: 1995-2001,7p.
- Djaha J.B., N'da H.A., Koffi K.E., N'da adopo A., Ake S., (2010). Diversité morphologique des accessions d'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) introduit en Côte d'Ivoire. In : *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 23 (2014) 244 – 258, 15p.
- Fané S., Togola E. D., Sogoba M., Karembe M., Dembele F., (2021). Effet de la provenance des semences sur les paramètres de germination et de croissance d'*Anacardium occidentale* L en pépinière dans les conditions écologiques de la station de l'IPR/IFRA de Katibougou. Société malienne des sciences appliquées. 7p.
- Hamawa Y., Dona A., Kanmegne O. N., Mbaye – N. C., Ko Awono J.M.D. et Mapongmetsem P. M., (2019). Effet du poids de noix et de la dose d'engrais sur la germination et la croissance de l'anacardier (*Anacardium occidentale* L., Anacardiaceae) dans la savane guinéenne du Cameroun. *Afrique SCIENCE* 15(5) pp. 302 – 312
- IRD/CEP., (2017). Rapports et Ateliers de capitalisation de fin de projet, www.cajou-sn.com consulté le 25 juillet 2019.
- Joker D. (2003). Information about Cashew Nut (*Anacardium occidentale*). USDA, USA.NP
- Koochaki A, (1991). Farming Plant Germination Physiological Fundamentals. Astane Ghodse Razavi Publication.

Lacroix J. E., (2003). Les anacardières, les noix de cajou et la filière anacarde à Bassila et au Bénin. Projet de Restauration des Ressources Forestières de Bassila, GTZ République du Bénin, 75p.

Lautié M., De Souza D.M., Reynes M., (2001). Les produits de l'anacardier : caractéristiques, voies de valorisation et marchés. "Fruits" 56 (4) pp. 235-248

Lefebvre A., (1966). Technologie et culture de l'anacardier à Madagascar. In : *Revue Bois et Forêts des Tropiques*, n°108, 21p.

Ly M. O., Diouf M., Kumar D., Diop T., (2015). Traits morphologiques des graines et vigueur des jeunes plants de deux provenances de *Jatropha curcas* L. au Sénégal. *Journal of Applied Biosciences*, Vol.88 . 8249 -8255. 6p. <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v88i1.9>

Ndiaye, S, M.M. Charahabil et M. Diatta, (2017), Caractérisation des Plantations à Base d'anacardier dans les communes de Kaour, Goudomp et Djibanar, European Scientific Journal April 2017, Edition vol. 13, No.12, doi : 10.19044/esj. 2017. v13n12p242

Niang D. (2002). Etude de la biologie de la reproduction chez *Anacardium occidentale* L. (*Anacardiaceae*). Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies : Département de Biologie Végétale : Dakar (Sénégal) : Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD), X - 56p. + annexes

Nugawela P., Baldé A., Christophe P., (2006). La chaîne de valeurs anacarde : analyse et cadre stratégique d'initiatives pour la croissance de la filière. USAID-Sénégal. 78p.

Planetoscope., (2019). Statistiques mondiales de l'anacarde, récupéré de [https://www. Planetoscope .com/epices/1253-production-de-noix-de-cajou-dans-le-monde.html](https://www.Planetoscope.com/epices/1253-production-de-noix-de-cajou-dans-le-monde.html).

Samb C.O., (2019). Dynamique spatiale, caractéristiques et stratégies d'amélioration des plantations d'anacardières (*Anacardium occidentale*. L). Thèse de doctorat unique pour obtenir le grade de docteur de l'université de Thiès. 192p

Samb C.O., Faye E., Dieng M., Sanogo D., Samba A.N.S., Koita B., (2018). Dynamique spatio-temporelle des plantations d'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) dans deux zones agro-écologiques du Sénégal. *Afrique SCIENCE* 14 (3) (2018) 365 - 377 365 ISSN 1813-548. 14p

Samb C.O., Touré M., Faye E., Ba H. S., Diallo A. M., Badiane S., Sanogo D., (2019). Caractéristiques sociodémographiques, structurales et agronomiques des plantations d'anacardier (*Anacardium occidentale*. L). Thèse de doctorat unique pour obtenir le grade de docteur de l'université de Thiès. 192p

Sarr M. B. (2002). Analyse du secteur de l'anacarde situation actuelle et perspective de développement, 34 p.

Semporé J.N., Songré-Ouattara L.T., T.W.V., Bationo F., D. M. H., (2021). Morphological characterization and quality assessment of cashew (*Anacardium occidentale* L.) nuts from 53 accessions of Burkina Faso. *Journal of Agriculture and Food Research* 6 (2021) 10021. 8p

Smirnov P, Mouravine E., Storozhenko V., Rakipov N., (1977). l'agrochimie, in : *Edition Mir Moscou*, 128p.

Toure M. A., Faye E., Malou G., Diatta M., Ndiaye S.S.A. et Gassama Y. K., (2018). Traits morphométriques et germination des noix de Anacarde occidentale L. au Sénégal. *Afrique SCIENCE* 14(2) 215 – 226. 13p

(*Anacardium occidentale*. L). Thèse de doctorat unique pour obtenir le grade de docteur de l'université de Thiès. 192p

WEBOGRAPHIE

<http://www.ooreka.fr/plantes> ; www.lifft.project.com

MILIEUX SÉLECTIFS DESTINÉS À L'ISOLEMENT DES CHAMPIGNONS ENTOMOPATHOGENES ISSUS DES INSECTES RAVAGEURS DE L'ANACARDIER ET DES SOLS AU GHANA

*S Agyare¹, A. K. Antwi-Agyakwa², G. K. Awudzi², Y. Bukari¹ et I. Amoako Attah¹

¹ Division de phytopathologie, Institut ghanéen de recherche sur le cacao, Box 8, New Tafo-Akim

² Division d'entomologie, Institut ghanéen de recherche sur le cacao, Box 8, New Tafo-Akim

*Auteur correspondant : Dr. Solomon Agyare, Division de phytopathologie, Institut ghanéen de recherche sur le cacao (CRIG), P. O. Box 8, Akim-Tafo, Ghana. Tel : +233(0)559908433 ; Courriel : pickob@hotmail.com ou solomon.agyare@crig.org.gh

RÉSUMÉ

Différents milieux sélectifs ont été développés à partir des milieux basaux : la gélose de Sabouraud Dextrose (SDA) et la gélose au dextrose de pomme de terre et à l'extrait de levure (PDAY) utilisées pour isoler les champignons entomopathogènes potentiels (EPF) des insectes ravageurs de l'anacardier et des sols au Ghana. Les milieux gélosés ont été amendés à l'aide de divers antibiotiques (chloramphénicol, streptomycine, ampicilline, rifampicine, gentamicine, pénicilline) et l'agent antifongique nystatine dans le but de former et de développer les milieux sélectifs suivants : SDA avec nystatine, ampicilline et rifampicine (SDAN-AR) ; SDA avec gentamycine (SDA-G) ; PDAY avec chloramphénicol et nystatine (PDAY-CN) ; PDAY avec rifampicine et nystatine (PDAY-RN) ; PDAY avec pénicilline et nystatine (PDAY-PN). Les milieux sélectifs ont été inoculés avec de la terre provenant de différents champs anacardiens de la région orientale du Ghana (Begoro, Aframase et Asewewa) en vue d'isoler les EPF potentiels. Les insectes ravageurs de l'anacardier, y compris les coréides (*Pseudotheraptus devastans* et *Anoplocnemis curvipes*), et la punaise des moustiques de l'anacardier (*Helopeltis* spp.) collectés dans ces champs anacardiens ont été directement ensemencés sur ces milieux sélectifs pour isoler les EPF potentiels. Le sol a servi à appâter l'EPF à l'aide de larves de mouches des fruits après incubation à 25 ± 2 °C. Le SDAN-AR, le SDA-G et le PDA-RN se sont révélés être les meilleurs milieux sur lesquels isoler les entomopathogènes potentiels du sol tout en supprimant la croissance des bactéries et des levures. Les EPF isolés directement à partir d'insectes ravageurs de l'anacardier et du sol comprenaient *Beauveria* spp, *Metarhizium* spp, *Aspergillus* spp, *Paecilomyces* spp et *Fusarium* spp. L'utilisation d'EPF dans les plantations d'anacardiens contribuera à une mise en place d'une méthode durable et respectueuse de l'environnement de lutte contre les insectes ravageurs de l'anacardier.

Mots-clés : Champignons entomopathogènes, milieux sélectifs, insectes ravageurs de l'anacardier, appâtage par le sol, lutte durable contre les ravageurs

1.0 Introduction

Les plantations d'anacardier au Ghana sont souvent attaquées par des insectes ravageurs tels que les coréides (*Pseudotheraptus devastans* et *Anoplocnemis curvipes*) et la punaise des moustiques (*Helopeltis* spp.), ce qui entraîne des pertes dévastatrices si elles ne sont pas réduites (Dwomoh *et al.*, 2008). Ces insectes ravageurs sont généralement combattus à l'aide d'insecticides de synthèse qui sont susceptibles d'avoir des effets négatifs sur l'environnement et la santé humaine (Mazih, 2015). En général, la recherche de moyens alternatifs de lutte contre les ravageurs dans l'agriculture est devenue nécessaire en raison des effets négatifs de l'utilisation de pesticides de synthèse (Hallouti *et al.*, 2020). Par conséquent, le recours aux champignons entomopathogènes (EPF) pour lutter contre les insectes ravageurs de l'anacardier peut être considérée comme une alternative écologique et durable (Fernandez *et al.*, 2010). Le recours aux champignons entomopathogènes comme exemple d'agent de lutte biologique a un effet minimal sur l'environnement en raison de l'absence de résidus et tend plutôt à améliorer l'équilibre du réseau écosystémique (Fitriana *et al.*, 2021). Lorsqu'il est appliqué, l'EPF peut se répandre dans l'écosystème et former des populations pour une lutte durable contre les ravageurs (Scheepmaker et Butt 2010).

Il est possible d'obtenir des champignons entomopathogènes directement à partir soit d'insectes morts, soit de sols ou de rhizosphères de plantes, par dilutions sérielles ou par appâtage à l'aide de milieux sélectifs (Singh *et al.*, 2016). Les sols ont tendance à servir d'habitat naturel aux EPF (Hallouti *et al.*, 2020) et abritent l'inoculum de ces pathogènes souhaitables. L'essence de l'utilisation de milieux sélectifs pour l'isolement de pathogènes à partir d'insectes morts et de sols est de supprimer la croissance des levures et bactéries indésirables tout en favorisant la croissance des EPF potentiels (Fernandez *et al.*, 2010). En d'autres termes, les milieux sélectifs doivent contenir les nutriments essentiels à la croissance des EPF ciblés et les quantités adéquates d'agents antimicrobiens (antifongiques et antibiotiques) capables d'empêcher la croissance des organismes indésirables (Luz *et al.*, 2007). Les EPF isolés peuvent ensuite être utilisés pour réaliser des essais biologiques afin d'évaluer leur efficacité contre les insectes nuisibles concernés. Les EPF efficaces peuvent ensuite être produits en masse en vue d'une application sur le terrain pour lutter contre les insectes ravageurs. L'EPF, en tant qu'agent de lutte biologique, est souvent incorporé dans les systèmes de lutte intégrée contre les ravageurs (IPMS) pour une lutte durable contre ces derniers. Ce système permettrait de réduire la dépendance excessive à l'égard des pesticides de synthèse et d'éviter la présence de résidus potentiels dans les aliments sains.

On rapporte que la température est un facteur clé dans la détermination de la pathogénicité de l'EPF contre un insecte ravageur particulier (Tesfaye et Seyoum, 2010). La température et l'humidité relative ont tendance à varier d'une région à l'autre. Par conséquent, il est essentiel d'obtenir des EPF indigènes dans un environnement spécifique afin de garantir leur efficacité contre les insectes nuisibles de cet environnement (Sayed *et al.*, 2019). Par conséquent, l'efficacité des EPF exogènes peut être influencée par les conditions environnementales dominantes et peut même présenter un risque écologique pour les espèces indigènes (Jaronski, 2010 ; Goble *et al.*, 2011). En effet, l'utilisation d'un EPF indigène comme agent de lutte biologique augmente les chances d'une lutte efficace contre les ravageurs (Goble *et al.*, 2011). La présente étude vise donc à identifier des milieux sélectifs destinés à l'isolement des EPF indigènes des sols de cajou au Ghana et d'insectes morts en vue de la gestion des insectes ravageurs de l'anacardier.

2.0 Matériel et méthodes

2.1 Développement des milieux sélectifs

La gélose de Sabouraud Dextrose (SDA) et la gélose au dextrose de pomme de terre et à l'extrait de levure (PDAY) ont été préparées selon les recommandations du fabricant comme milieux basaux destinés aux développements des différents milieux sélectifs. Des antibiotiques et des agents antifongiques ont ensuite été ajoutés pour former un milieu sélectif spécifique. Les milieux SDA et PDAY sans antibiotiques ni agents antifongiques ont été utilisés comme plaques témoins.

PDAY-CN

Le PDA (CMO 139, Oxoid Ltd) a été préparé en utilisant la concentration recommandée par le fabricant (39 g/L). De l'extrait de levure (1 g/L) et du chloramphénicol (0,5 g/L) ont ensuite été ajoutés à la solution gélosée. La solution a été passée à l'autoclave à 121 °C pendant 15 minutes. Le milieu a été laissé sur le banc pour qu'il refroidisse à 45-50 °C et on y a ajouté de la nystatine (50 mg/L). Environ 30 ml du milieu PDAY-CN fondu ont ensuite été versés dans des boîtes de Pétri dans une armoire à flux. Les plaques PDAY-CN ont été placées dans des sacs stériles et conservées au réfrigérateur à 4 °C en vue d'une utilisation ultérieure.

PDAY-RN

Le PDA à l'extrait de levure a été préparé comme décrit précédemment sans chloramphénicol. La solution a été passée à l'autoclave à 121 °C pendant 15 minutes et a été laissée refroidir jusqu'à 45-50 °C. La rifampicine (10 mg/L) et la nystatine (50 mg/L) ont ensuite été ajoutées au milieu fondu pour former le milieu sélectif PDAY-RN. Environ 30 ml du milieu fondu ont été versés dans des boîtes de Pétri et conservés à 4 °C en vue d'une utilisation ultérieure.

PDAY-PN

Le PDA à l'extrait de levure (PDAY) a été préparé comme décrit précédemment sans chloramphénicol. La solution a été stérilisée à 121 °C pendant 15 minutes et laissée refroidir à 45-50 °C. De la pénicilline G (0,4 g/L) et de la nystatine (50 mg/L) ont ensuite été ajoutées au milieu fondu pour former le milieu sélectif PDAY-PN. Les plaques ont été coulées et stockées comme décrit précédemment.

PDAY-AN

Le PDAY a été préparé comme décrit précédemment. La solution de milieu a été passée à l'autoclave à 121 °C pendant 15 minutes et laissée refroidir à 45-50 °C. L'ampicilline (200 mg/L) et la nystatine (50 mg/L) ont été ajoutées au milieu fondu pour former le milieu sélectif PDAY-AN. Les plaques ont été coulées et stockées comme décrit précédemment.

PDAY-GN

Le PDAY a été préparé comme décrit précédemment. La solution a été passée à l'autoclave à 121 °C pendant 15 minutes et laissée refroidir à 45-50 °C. De la gentamicine (0,05 g/L) et de la nystatine (50 mg/L) ont été ajoutées pour former le milieu sélectif PDAY-GN. Les milieux ont été versés et stockés comme décrit précédemment.

SDAN-AR

Le SDA a été préparé selon les recommandations du fabricant (65 g/L) et a été passé à l'autoclave à 121 °C pendant 15 minutes. Le milieu fondu a été laissé à refroidir à 45-50 °C. De la nystatine (50 mg/L), de l'ampicilline (200 mg/L) et de la rifampicine (10 mg/L) ont ensuite été ajoutées pour former des milieux sélectifs SDAN-AR. Les milieux ont été versés et stockés comme décrit précédemment.

SDA-G

Le SDA a été préparé comme décrit précédemment et a été passé à l'autoclave à 121 °C pendant 15 minutes. Le milieu fondu a été laissé refroidir à 45-50 °C et de la gentamicine (0,05 g/L) a été ajoutée pour former un milieu sélectif SDA-G. Les milieux ont été coulés et stockés comme décrit précédemment.

2.2 Collecte de sol dans les exploitations de noix de cajou

Des échantillons de sol ont été prélevés dans des plantations d'anacardiers de la région orientale du Ghana : Begoro (Lat : 6° 23' 29.8536" N et 0° 22' 46.3584" W), Aframase (Lat : N 6°21'4.75812" & Lon : W0°4'31.26") et Asewewa (Lat : 6.399516, & Lon : -0.141748). Sur chaque site, des échantillons de sol ont été prélevés de manière aléatoire à trois endroits (jusqu'à 10 cm) et regroupés.

2.3 Inoculation du sol sur des milieux sélectifs

Des dilutions en série du sol de chaque site ont été effectuées à l'aide d'eau distillée stérile (SDW) au laboratoire de mycologie du CRIG afin de produire différentes dilutions de sol (101, 102, 103, 104, 105 et 106). Des aliquotes (100 µl) de chaque dilution de sol ont été utilisées pour inoculer les différents milieux sélectifs. Les plaques inoculées ont été incubées à 25 °C pendant 7 jours. Le nombre de colonies fongiques, bactériennes et de levures se développant sur les plaques a été enregistré à la fin de la période d'incubation. Les nombres de colonies microbiennes des différents milieux sélectifs et emplacements ont été comparés à l'aide de Microsoft Excel (Office 365 2023).

2.4 Appâtage par les sols

Les échantillons de sol provenant des mêmes sources dans la région de l'Est ont été tamisés pour éliminer les matériaux indésirables tels que les pierres et les débris. Les échantillons de sol fin ont été placés dans un gobelet en plastique de 50 ml et humidifiés avec du SDW. Cinq larves de mouches des fruits (*Drosophila* spp.) ont été placées dans chaque échantillon de sol et recouvertes d'un filet pour favoriser l'aération. Les échantillons de sol inoculés ont été incubés à température ambiante (25±2 °C) pendant 3-7 jours. Les organismes fongiques se développant sur les larves mortes après la période d'incubation ont été isolés sur une plaque de milieu SDA amendée aux antibiotiques afin d'être conservés et identifiés.

2.5 Isolement de l'EPF à partir d'un insecte

Les insectes ravageurs de l'anacardier (*Pseudotheraptus devastans*, *Anoplocnemis curvipes*, et *Helopeltis* spp.) collectés de manière aléatoire dans les plantations d'anacardiers de la région Est (Begoro, Aframase et Asesewa) ont été conservés dans l'insectarium du CRIG jusqu'à leur mort. Les cadavres d'insectes ont été stérilisés en surface avec une solution d'hypochlorite de sodium à 1 % pendant 3 minutes et séchés sous la hotte pendant environ 30 minutes. Les cadavres d'insectes ont été placés individuellement sur les différents milieux sélectifs et incubés à 25 °C pendant 3-7 jours jusqu'à ce qu'une croissance soit observée sur la plaque. Les EPF potentiels ont été isolés sur une plaque SDA propre amendée aux antibiotiques pour être conservés et utilisés ultérieurement.

2.6 Identification de l'EPF

Pour obtenir des cultures pures des EPF potentiels, les colonies mycéliennes poussant sur les plaques de gélose ont été sous-cultivées deux fois sur des plaques de milieu SDA amendées aux antibiotiques en utilisant la méthode de la pointe hyphale unique. La morphologie des cultures et les caractéristiques microscopiques des cultures pures ont été utilisées pour identifier les isolats à l'aide de manuels d'identification (Mathur et Kongsdale, 2003 ; Humber, 2005 ; Kirk *et al.*, 2008).

3.0 Résultats

3.1 Développement des milieux sélectifs

Sept milieux sélectifs contenant différents antibiotiques et agents antifongiques ont été développés (Tableau 1).

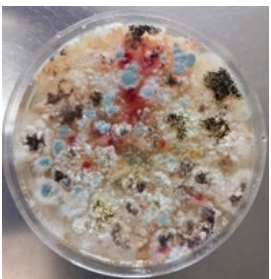
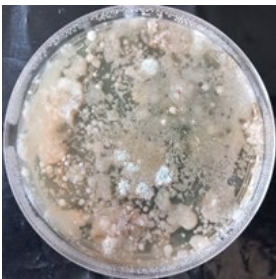
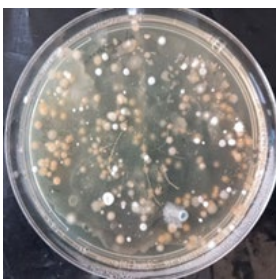
Tableau 1 : Milieux sélectifs développés contenant différents gélases et antibiotiques.

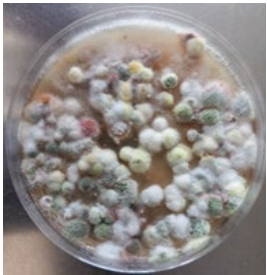
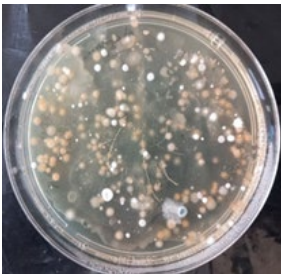
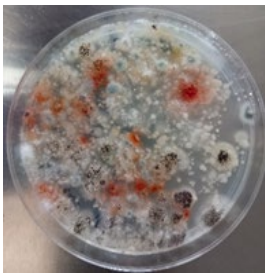
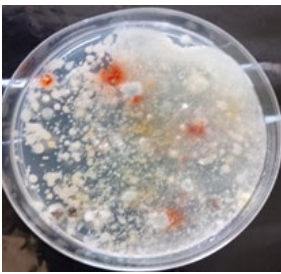
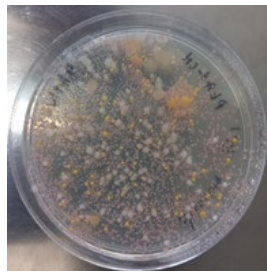
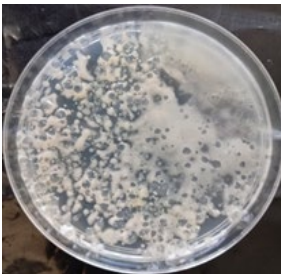
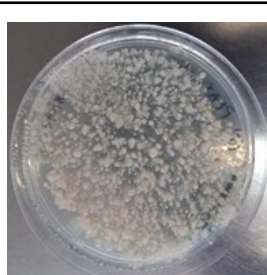
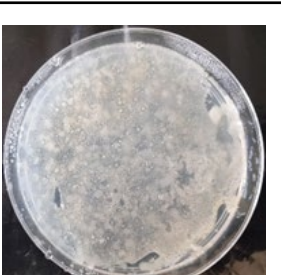
Milieux sélectifs	Constituant
PDAY-CN	Gélose au dextrose de pomme de terre, extrait de levure, chloramphénicol et nystatine
PDAY-RN	Gélose au dextrose de pomme de terre, extrait de levure, rifampicine et nystatine
PDAY-PN	Gélose au dextrose de pomme de terre, extrait de levure, pénicilline G et nystatine
PDAY-AN	Gélose au dextrose de pomme de terre, extrait de levure, ampicilline et nystatine
PDAY-GN	Gélose au dextrose de pomme de terre, extrait de levure, gentamicine et nystatine
SDAN-AR	Gélose de Sabouraud dextrose, ampicilline, rifampicine et nystatine
SDA-G	Gélose de Sabouraud dextrose et gentamicine

3.2 Sélection des milieux sélectifs optimaux destinés à l'isolement des EPF

L'inoculation de différents milieux sélectifs avec des sols provenant de différentes plantations d'anacardiers a entraîné la croissance de colonies principalement fongiques, bactériennes et levuriennes. En général, les plaques PDAY amendées aux antibiotiques et à la nystatine étaient dominées par des colonies de bactéries et de levures par rapport aux plaques SDA qui présentaient principalement des colonies fongiques (tableau 2). Les plaques amendées SDA ont favorisé la croissance fongique alors que les plaques PDAY ont favorisé la croissance des bactéries et des levures. Cette démarche est cohérente avec les plaques inoculées dans les sols d'Aframase et d'Asesewa (Figure 1).

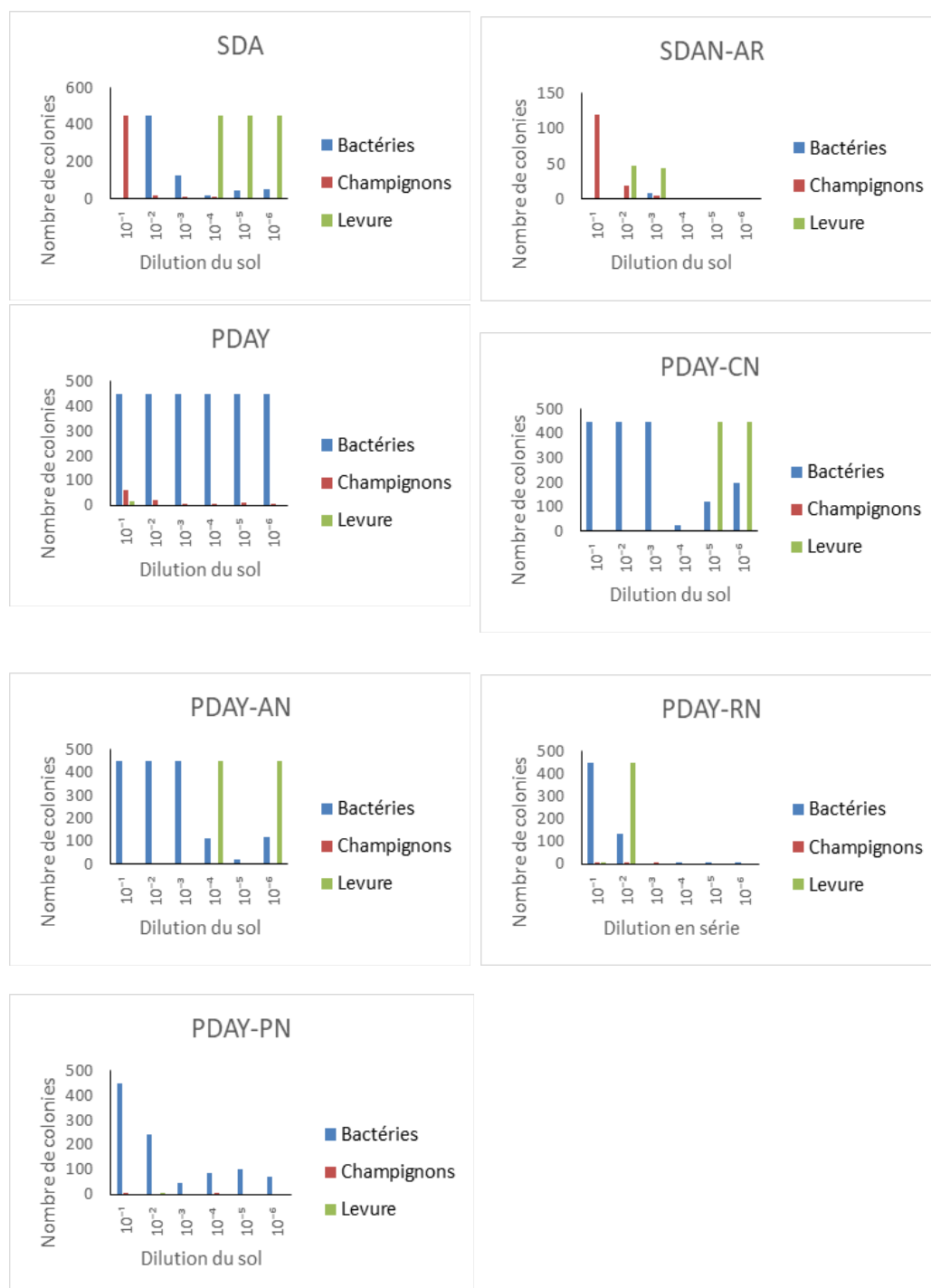
Tableau 2 : Colonies de micro-organismes se développant sur différents milieux sélectifs de sol dilué à 101 provenant de deux plantations d'anacardiers de la région de l'Est.

Milieu	Asesewa	Aframase
SDA		
SDAN-R		

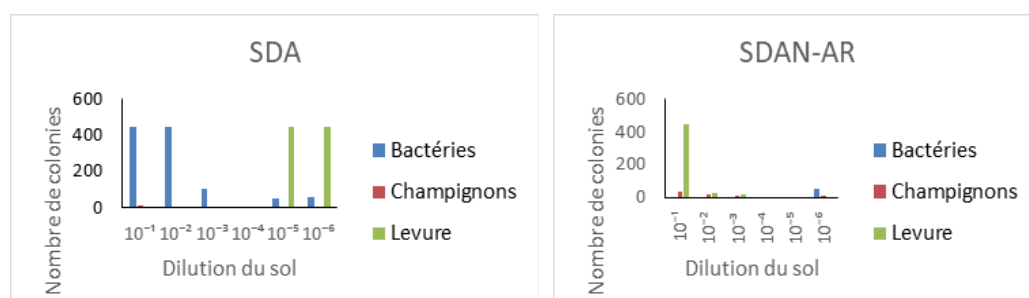
SDAN-R		
PDAY		
PDAY-CN		
PDAY-PN		
PDAY-RN		
PDAY-AN		

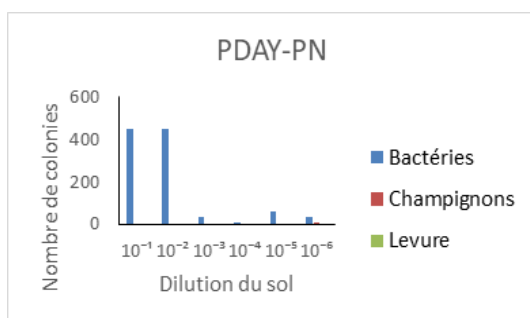
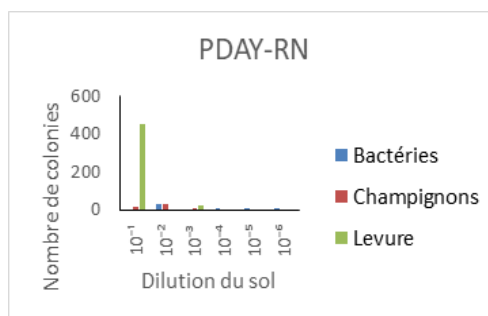
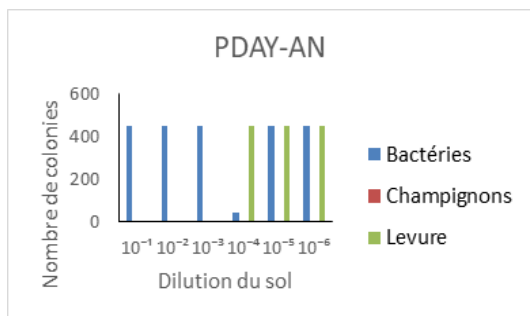
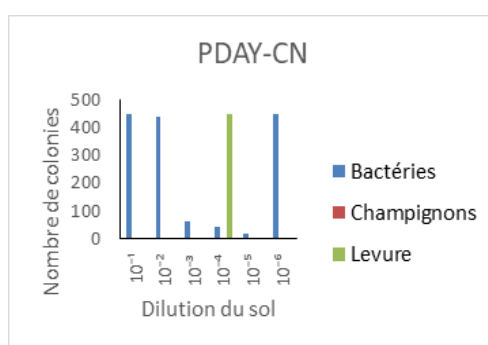
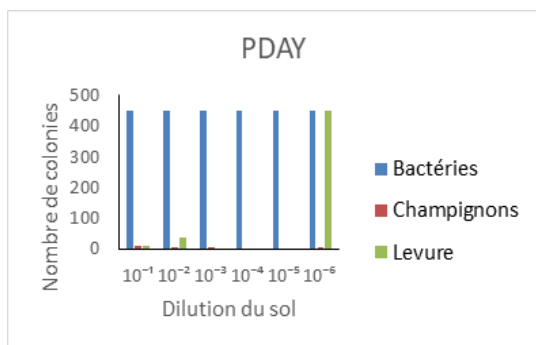
Le SDAN-AR était le meilleur milieu pour isoler les EPF potentiels des sols d'Asewewa et d'Aframase (Figure 1). Cependant, les milieux PDAY-RN et SDA-G ont favorisé la croissance fongique des échantillons de sol de Begoro. Bien que le PDAY-GN ait favorisé la croissance fongique du sol de Begoro, il n'a pas inhibé les colonies de bactéries et de levures. En revanche, le SDA-G, le SDAN-AR et le PDAY-RN ont complètement inhibé la croissance des bactéries et des levures tout en favorisant la croissance fongique pour toutes les dilutions du sol de Begoro.

(A)

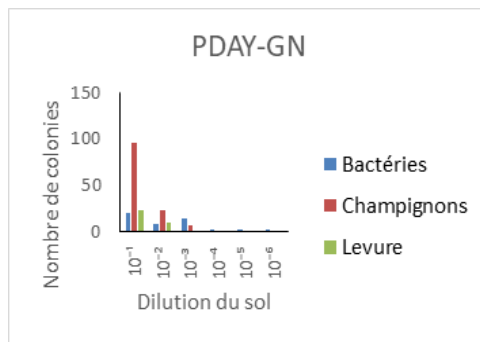
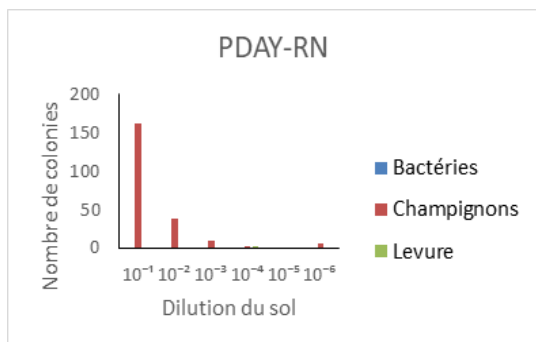
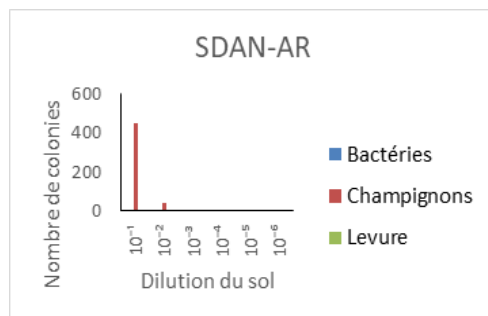
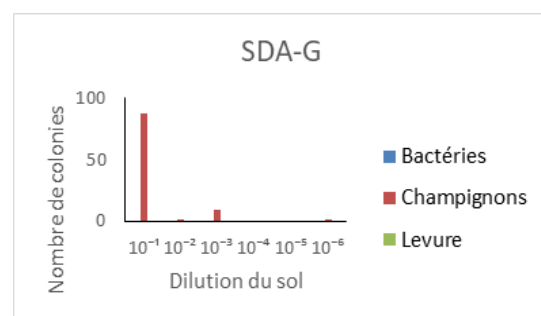


(B)





(C)



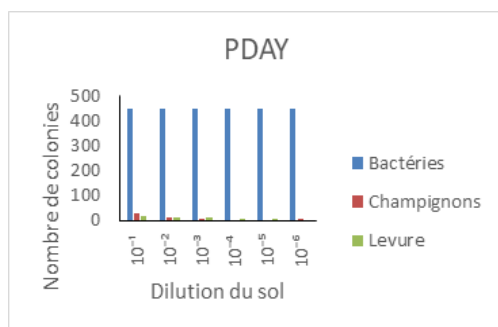


Figure 1 : Comptage de colonies dans des échantillons de sol provenant des plantations d'anacardiers à Asesewa (A), Aframase (B) et Begoro (C) après inoculation de milieux sélectifs et incubation à 25°C pendant 7 jours. Les échantillons de sol de Begoro n'ont pas nécessairement été exposés au même type de milieu sélectif que ceux d'Aframase et d'Asesewa. Le nombre maximum de colonies a été limité à 500 pour faciliter la comparaison.

3.3 Isolement et identification de l'EPF à partir de différentes sources

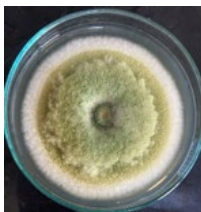
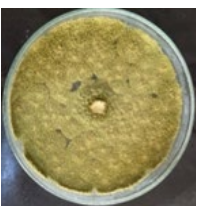
Les EPF potentiels ont été isolés directement à partir d'insectes morts poussant sur des milieux après incubation. De même, des EPF putatifs ont été isolés à partir de larves de drosophiles après inoculation sur des sols et incubation (figure 2).

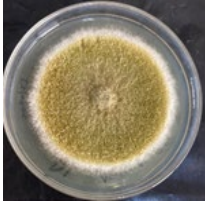
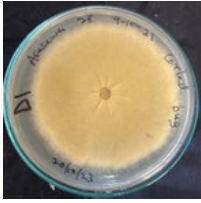


TFigure 2 : (A) EPF potentiel se développant directement sur le corps de coréidés de l'anacardier après inoculation directe sur milieu SDAN-AR et (B) Sol appâté au moyen de larves de mouches de fruits illustrant la croissance initiale de l'EPF putatif.

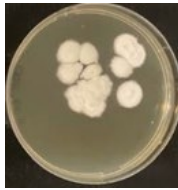
Les cultures d'EPF isolées à partir d'insectes ravageurs de l'anacardier et de sols présentaient des caractéristiques différentes sur les plaques SDA. Les isolats présentant un mycélium verdâtre et des bords blanchâtres ont été identifiés comme étant des *Aspergillus* et des *Paecilomyces* (Tableau 3). Les isolats de *Fusarium* présentaient un mycélium cotonneux et duveteux de couleur rosâtre sur la plaque inversée. Les isolats identifiés comme *Metarhizium* avaient un mycélium verdâtre-brunâtre tandis que les cultures de *Beauveria* étaient poudreuses et blanchâtres sur SDA.

Tableau 3 : Caractéristiques identitaires et culturelles de l'EPF isolées à partir de différentes sources.

Organisme identifié	Ville source	Méthode d'isolement	Morphologie	
			Avant	Arrière
<i>Aspergillus</i>	Aframase	Insecte		
<i>Metarhizium</i>	Asesewa	Insecte		

<i>Paecilomyces</i>	Asesewa	Insecte		
---------------------	---------	---------	---	--

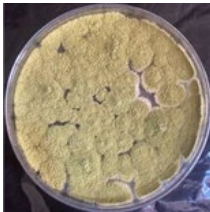
<i>Beauveria</i>	Aframase	Insecte		
------------------	----------	---------	---	--

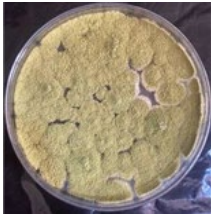
<i>Beauveria</i>	Asesewa	Insecte		
------------------	---------	---------	---	--

<i>Beauveria</i>	Aframase	Insecte		
------------------	----------	---------	---	--

<i>Fusarium</i>	Aframase	Insecte		
-----------------	----------	---------	---	--

<i>Metarhizium</i>	Begoro	Appât pour le sol		
--------------------	--------	-------------------	---	--

<i>Metarhizium</i>	Aframase	Appât pour le sol		
--------------------	----------	-------------------	---	--

<i>Metarhizium</i>	Aframase	IAppât pour le sol		
<i>Fusarium</i>	Asesewa	Appât pour le sol		

4.0 Discussions

Les entomopathogènes deviennent de plus en plus importants dans la lutte contre les insectes ravageurs de manière durable afin de réduire les effets négatifs des pesticides de synthèse sur l'environnement et la santé humaine (Fernandez *et al.*, 2010). Les efforts visant à isoler des EPF potentiels à partir d'insectes et de sols sont souvent entravés par la présence de levures et de colonies de bactéries indésirables dans les plaques de culture, qui inhibent la croissance des pathogènes ciblés (Luz *et al.*, 2007). Par conséquent, il est très important de trouver le milieu qui permettrait aux EPF potentiels de se développer tout en supprimant la croissance des micro-organismes indésirables. L'analyse de sols provenant de trois plantations différentes d'anacardiers dans la région de l'Est du Ghana a montré que les milieux SDA amendés par des antibiotiques et des antifongiques favorisaient généralement la croissance fongique par rapport aux milieux PDAY. Ceci est cohérent avec les travaux de Deb *et al.* (2017) qui ont rapporté que les milieux amendés SDA étaient les meilleurs pour soutenir la croissance végétative de l'EPF en comparaison avec d'autres milieux gélosés. En d'autres termes, les milieux amendés au SDA ont tendance à favoriser la croissance des EPF potentiels si les concentrations appropriées d'agents antifongiques et antibiotiques sont présentes. En revanche, les plaques PDAY sont souvent dominées par des colonies de bactéries et de levures qui inhibent les entomopathogènes potentiels. Par ailleurs, Rangel *et al.* (2010) ont utilisé des milieux gélosés PDAY amendés avec de la gentamicine et de la dodine pour isoler plusieurs EPF provenant de milieux contaminés. La différence avec notre étude actuelle se caractérise par l'inclusion de l'agent antifongique dodine dans le milieu sélectif qui est bien connu pour contrôler les levures indésirables et d'autres contaminants lors de l'isolement des EPF des sols (Beilharz *et al.*, 1982 ; Chase *et al.*, 1986 ; Fernandes *et al.*, 2010).

S'agissant des sols d'Asesewa et d'Aframase, le milieu sélectif SDAN-R a favorisé la croissance des champignons tout en inhibant les bactéries et les levures. Par conséquent, le SDAN-R était le meilleur milieu en matière d'isolement des EPF potentiels du sol. De même, les milieux SDA-G, SDAN-AR et PDAY-RN se sont révélés être les meilleurs milieux sélectifs s'agissant de l'isolement des EPF potentiels du sol de Begoro. Il est clair que pour les trois sites, le SDAN-AR a favorisé la croissance des champignons tout en supprimant les bactéries et les levures. Les milieux SDAN-AR ont ensuite été utilisés pour isoler des EPF potentiels à partir de plaquage direct de corps d'insectes ravageurs de l'anacardier et d'isolats fongiques provenant de l'appâtage du sol. Les EPF isolés à partir du plaquage direct de corps et de larves d'insectes comprenaient *Beauveria* spp, *Metarhizium* spp, *Aspergillus* spp, *Paecilomyces* spp et *Fusarium* spp. Ces isolats ont été largement signalés comme entomopathogènes efficaces contre les insectes ravageurs de diverses cultures (Fitriana *et al.*, 2021 ; Idrees *et al.*, 2021 ; Sayed *et al.*, 2019). Par exemple, Idrees *et al.* (2021) ont démontré l'utilisation de *B. bassiana* et d'autres EPF pour lutter contre la chenille légionnaire d'automne (CLA), *Spodoptera frugiperda*, un ravageur du maïs en Chine et dans d'autres parties du monde, y compris en Afrique de l'Ouest. De même, Yan *et al.* (2022) ont utilisé *Aspergillus fijiensis* pathogène pour lutter efficacement contre le psylle asiatique des agrumes *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera : Liviidae) sur le mandarinier (*Citrus reticulata*) dans le cadre d'une étude menée en Chine. Entre-temps, des EPF connus tels que *Beauveria* et *Metarhizium* ont été produits en masse comme des pesticides microbiens commerciaux faciles à appliquer sur le terrain dans l'agriculture pour lutter contre les insectes ravageurs des cultures (Fen *et al.*, 1994 ; Lomer *et al.*, 2001 ; Sahayaraj, K. et Namasivayam, 2008).

Par conséquent, les isolats de l'étude actuelle sont en cours d'évaluation contre les insectes nuisibles de l'anacardier ayant une importance économique au Ghana ; les punaises coréides (*Pseudotheraptus devastans* et *Anoplocnemis curvipes*) et la punaise-moustiques (*Helopeltis* spp.) dans un essai biologique et dans des conditions de semi-naturelles. On espère que l'utilisation d'entomopathogènes pour lutter contre les insectes ravageurs de l'anacardier favorisera le développement durable du secteur au Ghana en réduisant la dépendance excessive à l'égard des pesticides de synthèse dans les vergers d'anacardiers, avec les conséquences que cela implique pour la santé.

Remerciements

Les auteurs remercient le personnel technique des Divisions de pathologie et d'entomologie végétales du CRIG, en particulier Mlle Hilda Ansomaa Jakin Osei-Mireku, pour leur contribution à l'échantillonnage et à l'identification des isolats.

Références

- Beilharz, V. C., Parbery, D., & Swart, H. (1982). Dodine: A selective agent for certain soil fungi. *Transactions of the British Mycological Society*, 79(3), 507–511. [https://doi.org/10.1016/s0007-1536\(82\)80043-0](https://doi.org/10.1016/s0007-1536(82)80043-0)
- Chase, A. R., Osborne, L. S., & Ferguson, V. M. (1986). Selective Isolation of the Entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* from an Artificial Potting Medium. *Florida Entomologist*, 69(2), 285. <https://doi.org/10.2307/3494930>

- Dwomoh, E. A., Ackonor, J. B., & Afun, J. V. K. (2008). Survey of insect species associated with cashew (*Anacardium occidentale* Linn.) and their distribution in Ghana. *African Journal of Agricultural Research*, 3(3), 205–214. <https://doi.org/10.5897/ajar.9000663>
- Feng, M. G., Poprawski, T. J., & Khachatourians, G. G. (1994). Production, formulation and application of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* for insect control: current status. *Biocontrol Science and Technology*, 4 (1), 34
<https://doi.org/10.1080/09583159409355309>
- Fernandes, É. K., Keyser, C. A., Rangel, D. E., Foster, R. N., & Roberts, D. W. (2010). CTC medium: A novel dodine-free selective medium for isolating entomopathogenic fungi, especially *Metarhizium acridum*, from soil. *Biological Control*, 54(3), 197–205.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.05.009>
- Fitriana, Y., Suharjo, R., Swibawa, I. G., Semenguk, B., Pasaribu, L. T., Hartaman, M., Rwandini, R. A., Indriyati, I., Purnomo, P., & Solikhin, S. (2021). *Aspergillus oryzae* and *Beauveria bassiana* as entomopathogenic fungi of *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae) infesting corn in Lampung, Indonesia. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31(1). <https://doi.org/10.1186/s41938-021-00473-8>
- Goble, T., Dames, J., Hill, M., & Moore, S. (2011). Investigation of native isolates of entomopathogenic fungi for the biological control of three citrus pests. *Biocontrol Science and Technology*, 21(10), 1193–1211. <https://doi.org/10.1080/09583157.2011.608907>
- Hallouti, A., Hamza, M. A., Zahidi, A., Hammou, R. A., Bouharroud, R., Aoumar, A. a. B., & Boubaker, H. (2020). Diversity of entomopathogenic fungi associated with Mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae)) in Moroccan Argan forests and nearby area: impact of soil factors on their distribution. *BMC Ecology*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12898-020-00334-2>
- Humber, R. A. (2005). *Entomopathogenic Fungal Identification* (Updated version ed). USDA-ARS Plant Protection Research Unit US Plant, Soil & Nutrition Laboratory Tower Road Ithaca, NY 14853–2901.
- Idrees, A., Qadir, Z. A., Akutse, K. S., Afzal, A., Hussain, M., Islam, W., Waqas, M. S., Bamisile, B. S., & Li, J. (2021). Effectiveness of Entomopathogenic Fungi on Immature Stages and Feeding Performance of Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Larvae. *Insects*, 12(11), 1044. <https://doi.org/10.3390/insects12111044>
- Jaronski, S. T. (2009). Ecological factors in the inundative use of fungal entomopathogens. *BioControl*, 55(1), 159–185. <https://doi.org/10.1007/s10526-009-9248-3>
- Kirk, P. M., Cannon, P. F., Stalpers, J. A., & Minter, D. W. (2008). *Dictionary of the Fungi* (9th ed.). CABI.
- Lomer, C.J., Bateman, R.P., Johnson, D.L., Langewald J., Thomas, M. (2001) Biological control of locusts and grasshoppers. *Annual Review of Entomology* 46, 667–702.
doi: 10.1146/annurev.ento.46.1.667. PMID: 11112183
- Luz, C., Netto, M. C. B., & Rocha, L. F. N. (2007). In vitro susceptibility to fungicides by invertebrate-pathogenic and saprobic fungi. *Mycopathologia*, 164(1), 39–47. <https://doi.org/10.1007/s11046-007-9020-0>
- Mathur, S. B., & Kongsdal, O. (2003). *Common Laboratory Seed Health Testing Methods for Detecting Fungi*. International Seed Testing Association.
- Mazih, N. A. (2015). Status of citrus ipm in the southern mediterranean basin Morocco, north Africa. *Acta Horticulturae*, 1065, 1097–1103.
<https://doi.org/10.17660/actahortic.2015.1065.138>
- Rangel, D. E., Dettenmaier, S. J., Fernandes, É. K., & Roberts, D. W. (2010). Susceptibility of *Metarhizium* spp. and other entomopathogenic fungi to dodine-based selective media. *Biocontrol Science and Technology*, 20(4), 375–389. <https://doi.org/10.1080/09583150903518370>
- Sahayaraj, K. and Namasivayam, S.K.R. (2008). Mass production of entomopathogenic fungi using agricultural products and by products. *African Journal of Biotechnology*, 7(12), 1907–1910. <https://doi.org/10.5897/ajb07.778>
- Sayed, S. M., Ali, E. F., & Al-Otaibi, S. S. (2019). Efficacy of indigenous entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, isolates against the rose aphid, *Macrosiphum rosae* L. (Hemiptera: Aphididae) in rose production. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 29(1). <https://doi.org/10.1186/s41938-019-0123-y>

SANTÉ DES VERGERS D'ANACARDIERS AU GHANA : ENQUÊTE SUR LES ESPÈCES D'INSECTES ET LES MALADIES

G. K. Awudzi¹, Y. Bukari², E. H. Botir³, J. B. Sumbo³, S. W. Avicor⁴, A. K. Antwi Agyakwa¹

S. Agyare², I. Amoako-Attah², J. J. Anim⁴, S. de Clercq Mensah⁴

¹Division de l'entomologie, Institut du ghanéen de recherche sur le cacao, Box 8, New Tafo-Akim

²Division de la phytopathologie, Institut du ghanéen de recherche sur le cacao, Box 8, New Tafo-Akim

³Cultivating New Frontiers in Agriculture, 34 Boundary Road, East Legon, Accra

⁴Ministère de l'alimentation et de l'agriculture (MoFA), Accra-Ghana

Résumé

Dans le cadre d'un projet visant à cartographier la santé des vergers d'anacardiers dans la sous-région de l'Afrique de l'Ouest, des enquêtes ont été menées sur les espèces d'insectes et les maladies des anacardiers au Ghana aux stades de la préfloraison, de la floraison et de la fructification de la culture. Ces études ont concerné huit (8) des principaux districts de culture du cajou sélectionnés dans les zones de savane (Bole et Sawla), de transition (Wenchi et Techiman) et semi-décidues (Aframase, Aseseewa, Aseseeso et Begoro) du Ghana. Les méthodes d'abattage à la pyréthroïde et d'examen visuel ont été utilisées pour recueillir des données sur les espèces d'insectes observées sur la culture, tandis que les parties de la plante (feuilles, inflorescences, écorce, pomme et noix) ont été évaluées en vue de détecter les maladies. Les principaux insectes nuisibles identifiés sont les punaises suceuses (*Helopeltis* sp., *Pseudotheraptus devastans*), l'anneleur de tige (*Analeptes trifasciata*), les termites et les mangeuses de fruits (*Diplognatha* et *Pachnoda*). Les insectes utiles identifiés sont les araignées, le complexe des fourmis (*Oecophylla*, *Camponotus*, *Pheidole* et *Crematogaster*), les abeilles, la mante religieuse, les chrysopes, les coccinelles et les papillons. Les maladies identifiées sont l'anthracnose, le flétrissement des feuilles, la rouille des feuilles, les taches foliaires, la brûlure des inflorescences et le dépérissement des rameaux. D'une manière générale, les vergers de cajou du Ghana affichent une bonne santé, peu touchés par les maladies et dotés d'un grand nombre d'ennemis naturels contre les insectes nuisibles. Il est nécessaire d'harmoniser les protocoles de lutte contre les nuisibles et les maladies afin de garantir une production durable de noix de cajou dans la sous-région de l'Afrique de l'Ouest.

Mots clés : anacardier, insectes nuisibles, maladies, ennemis naturels, préfloraison, floraison, fructification

Introduction

Au Ghana, le cajou a été introduit par le Gouvernement dans le cadre des programmes de boisement et de mise en valeur des terres dans les zones de savane, de savane côtière et de transition entre la forêt et la savane (Dwomoh, 2008). La production annuelle de noix de cajou, la composante la plus importante de la culture sur le plan économique, s'élevait à 86 000 tonnes métriques (TM) en 2019, soit une hausse de 27 000 TM en dix ans (Wongnaa et Ofori 2012 ; FAOSTATS 2021 ; Mensah et al. 2021). En dépit de la hausse de la production de cajou, les rendements sont inférieurs aux niveaux optimaux (Wongnaa et Ofori, 2012 ; Danso-Abbeam et al., 2021). Parmi les facteurs expliquant ces rendements sous-optimaux, figure l'effet des insectes nuisibles et des maladies à chaque stade de développement de la culture.

Au nombre des insectes nuisibles d'importance économique, on compte la punaise-moustique, *Helopeltis schoutedeni* Reuter, les punaises coréides, *Pseudotheraptus devastans* (Distant), et *Anoplocnemis curvipes* (Fabricious) (Dwomoh et al. 2007 ; 2008). Ces insectes suceurs de sève causent de graves dommages aux pousses, aux inflorescences, aux fruits en développement et aux troncs de l'anacardier (Dwomoh et al. 2007 ; 2008). Pour les anacardiers adultes, l'anthracnose, le flétrissement des feuilles, la brûlure des inflorescences, la gommose et le dépérissement des rameaux sont des maladies prévalentes (Amoako-Attah., et al. 2020). Au stade de la pépinière, la fonte des semis, la brûlure des semis et la pourriture des racines/noix sont également considérées comme prévalentes (Amoako-Attah., et al. 2020). Ces maladies affectent également les pousses, les inflorescences, les fruits en développement et les troncs de l'anacardier, entraînant des pertes de récolte.

Dans le cadre d'un projet ouest-africain visant à cartographier la santé des vergers d'anacardiers dans la sous-région, une étude des espèces d'insectes et des maladies des anacardiers au Ghana à différents stades phénologiques de la culture a été menée. Le présent article documente les insectes (nuisibles et utiles) et les maladies des vergers d'anacardiers dans les plantations étudiées au Ghana.

Matériels et méthodes

Sites de l'étude

L'enquête a été menée dans les districts de Wenchi, Techiman, Bole, Sawla, Begoro, Aseseewa, Aframase et Aseseeso. Les emplacements de ces districts où les plantations ont été évaluées en lien avec les nuisibles et les maladies du cajou aux différents stades phénologiques sont présentés dans la Figure 1. Cinq (5) plantations ont été évaluées dans chaque district, soit un total de 40.

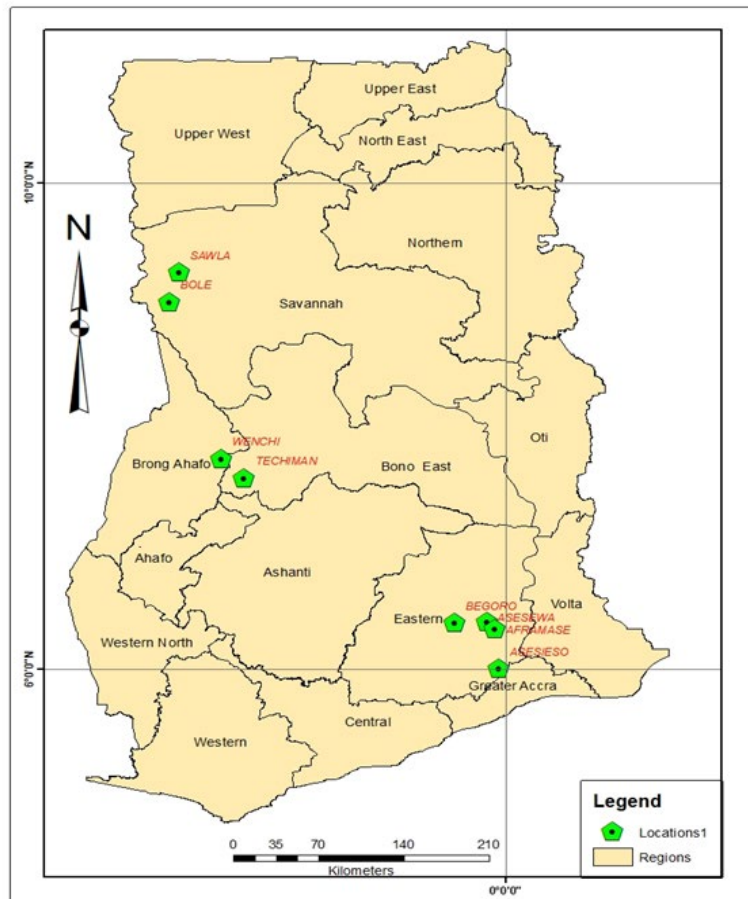


Fig. 1 : Sites ciblés par l'enquête

Évaluation des insectes

L'évaluation a été réalisée dans des plantations jeunes (<5 ans) et matures (>5 ans). Deux méthodes d'échantillonnage ont été utilisées, à savoir la méthode d'abattage à la pyrèthroïde et l'examen visuel. La méthode d'abattage à la pyrèthroïde a été utilisée pour déterminer la répartition des espèces d'insectes et leur abondance relative sur les anacardiers adultes (>5 ans) (Dwomoh et al., 2008). Les plantes de moins de cinq (5) ans ont été évaluées par la méthode de l'examen visuel. Une parcelle d'un hectare a été délimitée dans chaque plantation sélectionnée dans les diverses zones agroécologiques aux fins de l'évaluation. Lors de chaque collecte de données, cinq (5) anacardiers ont été sélectionnés au hasard dans chaque champ et pulvérisés à fond avec un pyrèthroïde, à l'aide d'un brumisateur motorisé. Les anacardiers pulvérisés ont été vigoureusement secoués 30 à 60 minutes plus tard et tous les insectes tombés sur le tissu blanc étalé en dessous ont été recueillis pour être comptés et identifiés.

Dix anacardiers ont également été sélectionnés au hasard pour en évaluer les fleurs et les fruits. Vingt (20) panicules (inflorescences) et 20 fruits (pommes et noix jeunes et matures) ont fait l'objet d'échantillonnage par arbre et d'observation axée sur les espèces d'insectes et les dommages qu'ils causent. À l'aide d'une échelle, les 20 panicules et les 20 fruits ont d'abord été examinés sur place, puis cueillis à la main sur chaque anacardier. Chaque échantillon a ensuite été soigneusement examiné et incubé en vue d'y identifier la présence d'insectes et leurs dommages à l'insectarium du CRIG, à New-Tafo Akim. Tous les stades de développement des insectes (œufs, larves, nymphes, pupes et adultes) ont été enregistrés. Les panicules et les fruits (pommes et noix) seront considérés comme endommagés lorsqu'ils présentent des symptômes de lésions brunâtres et aqueuses, de lésions nécrotiques, de dépérissement et de déformation des fruits avec des cicatrices (Amoako-Attah., et al. 2020). En outre, tous les anacardiers des plantations sélectionnées ont été évalués en ciblant leurs tiges, branches et rameaux pour détecter les points d'entrée et de sortie des foreurs des tiges et des rameaux.

Évaluation des maladies et isolement des agents pathogènes

Les anacardiers des plantations sélectionnées (environ 1 ha) ont été inspectés de visu le long de deux transects diagonaux et 10 anacardiers malades ont été sélectionnés au hasard pour mener des études d'incidence des maladies. L'évaluation a été effectuée sur les quatre côtés de l'anacardier : Nord, Sud, Est et Ouest. Une zone carrée d'environ un mètre de chaque côté a été sélectionnée et le nombre de feuilles, de pousses ou de fleurs présentant des symptômes de maladie a été enregistré.

Les pathogènes des parties infectées ont été isolés selon des méthodes mycologiques standard. Des morceaux de tissus infectés (5 à 10 mm) ont été stérilisés en surface dans une solution d'hypochlorite de sodium à 3 % pendant 2 minutes, puis rincés dans de l'eau distillée stérile. Les tissus stérilisés ont été placés sur de l'eau gélosée (WA) et incubés à une température de 28°C pendant cinq jours. Les cordons mycéliens émergeant sur l'eau gélosée ont été transférés sur de la gélose dextrosée à la pomme de terre (PDA) et incubés pendant cinq jours. Les pathogènes fongiques ont été identifiés à l'aide de leurs caractéristiques morphologiques (Mathur et Kongsdale, 2003 ; Kirk et al., 2008).

Analyse des données

Des statistiques descriptives ont été utilisées pour décrire la présence et le nombre des différentes espèces d'insectes de chaque lieu. Le

pourcentage d'incidence de maladies a été déterminé par le nombre de parties malades (pousses, feuilles, fleurs) divisé par le nombre total de parties non affectées multiplié par 100.

Résultats

Stade de préfloraison

Évaluation des insectes

Différentes espèces d'insectes (nuisibles et utiles) ont été observées, identifiées et leur nombre a été enregistré (Tableau 1). Les insectes nuisibles identifiés sont comme suit : *Helopeltis schoutedeni* (punaise-moustique du cajou), *Apate terebrans* (foreur de la tige de l'anacardier), *Anoplocnemis curvipes* (punaise à antenne), *Analeptes trifasciata* (anneleur de la tige de l'anacardier) et les termites. Les insectes utiles (ennemis naturels et pollinisateurs) identifiés sont les abeilles, le complexe des fourmis (*Oecophylla*, *Crematogaster*, *Macromischoides* et *Camponotus* spp), les guêpes et la mante religieuse. Les détails de l'abondance des différentes espèces d'insectes échantillonnées dans toutes les plantations d'anacarde des districts visés par l'enquête sont présentés dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Collecte d'espèces d'insectes dans les plantations d'anacarde montrant l'abondance et la diversité.

Nom commun	Noms scientifiques/ description	Localisation/nombre d'insectes							
			Région de l'Est			Région de Bono	Région de Bono Est	Région de la savane	
		Aframase	Asesewa	Begoro	Aseseceso	Wenchi	Techiman	Bole	Sawla
Punaise-moustique du cajou	Helopeltis schoutedeni	20	45	1	30	12	10	12	10
Fourmis tisserandes rouges	Oecophylla longinoda	180	0	0	0	92	90	85	110
Cafard du désert	Arenivaga investigata	2	1	0	1	0	0	0	2
Sauterelle	Caelifera	35	6	11	5	47	32	40	35
Tacheur de coton	Dysdercus superstitieux	1	0	0	0	3	0	3	1
Grillon domestique	Acheta domesticus	9	0	0	0	15	0	15	9
Araignée	Aranege	11	4	4	6	25	18	20	15
Coléoptère brun	Latridiidae	3	2	1	2	0	1	0	3
Abeille	Apis mellifera	1	0	0	0	10	8	12	10
Mante religieuse	Mantis religiosa	0	1	3	2	13	8	15	13
Fourmi noire	Lasius niger	0	0	10	1	1	1	1	1
Coléoptère noir	Amara aulica	2	0	0	0	0	0	0	2
Mouches domestiques	Musca domestica	4	3	0	3	0	0	0	4
Punaise coréidée	Pseudotheraptus devastans	0	3	0	3	3	0	3	0
Guêpe potière	Eumenes fraternus	1	1	0	1	0	0	0	1
Frelon	Vespa crabro	0	1	0	1	0	0	0	0
Coléoptère Hydrophilus	Hydrophilus triangularis Say	0	1	0	1	0	0	0	0
Claviralla	Claviralla tomentosicollis Stal	0	1	0	1	0	0	0	0
Blatte germanique	Blattella germanica	1	0	0	0	0	0	0	1
Anneleur de la tige de l'anacardier	Analeptes trifasciata	4	3	0	0	0	0	0	0
Foreur de tige	Apate terebrans	0	3	0	0	0	0	0	0
Punaise à antenne	Anoplocnemis curvipes	1	1	0	0	0	1	0	1
Papillons	Lepidoptera	20	13	22	19	24	21	24	20
Termite	Isoptera	10	13	18	20	24	11	24	15
Mineuse de feuilles (dégâts)	Acrocercops Syngramma	<1 %	0	<1 %	<1 %	<1 %	0	<1 %	<1 %
Crematogaster	Crematogaster clariventris	6	10	4	3	18	5	18	9

Macromischoides	Macromischoides aculeatus	0	1	0	0	6	1	6	3
Camponotus	Camponotus acvapimensis Mayr	0	1	0	1	0	0	0	0
Phéidole	Pheidole megacephala	19	16	11	13	20	21	20	10

Évaluation et identification des maladies

Différentes maladies ont été observées, identifiées et le pourcentage d'incidence des maladies a été déterminé (Tableau 2). Les maladies identifiées sont l'anthracnose, les taches foliaires et la rouille des feuilles, la brûlure des inflorescences, la gommose et le dépérissement des rameaux.

Tableau 2 : Incidence des maladies dans les plantations d'anacarde étudiées dans les différents districts

Maladie	Région de Bono	Localisations/incidence des maladies						
		Région de Bono Est	Région de la savane			Région de l'Est		
	Wenchi	Techiman	Bole	Sawla	Aframase	Asesewa	Begoro	Aseseeso
Anthracnose	27,2	29,0	40,5	27,3	11,5	9,2	10,9	6,6
Tache foliaire	35,1	26,3	23,3	20,8	13,4	4,7	12,7	12,7
Flétrissement des feuilles	10,2	9,4	37,8	27,9	13,3	10,1	5,5	2,9
Rouille des feuilles	14,6	13,9	6,2	4,4	0,8	3,3	1,4	2,1
Brûlure des inflorescences	0,3	0,6	0,9	0,4	0,0	0,0	0,0	2,3
Gommose	0,6	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dépérissement des rameaux	0,0	3,3	0,9	1,8	0,2	0,0	0,0	3,2

Stade de la floraison et de la fructification

Évaluation des insectes

Les insectes nuisibles identifiés sont *Anoplocnemis curvipes* (punaise à antenne), *Helopeltis schoutedeni* (punaise-moustique du cajou), *Apate terebrans* (foreur de la tige de l'anacardier), *Analeptes trifasciata* (anneleur de la tige de l'anacardier) et les termites (Tableau 3). Les principales mangeuses de pommes identifiées sont *Diplognatha gagates*, *Pachnoda cordata* et *Pachnoda marginata*. Parmi les insectes utiles (ennemis naturels et pollinisateurs) identifiés on compte la chrysope verte (*Chrysoperla rufilabris*), les abeilles, le complexe des fourmis (*Oecophylla*, *Crematogaster*, *Macromischoides* et *Camponotus* spp), la mante religieuse et la guêpe (Tableau 3).

Tableau 3 : Collecte d'espèces d'insectes dans les plantations d'anacarde montrant l'abondance et la diversité.

Nom commun	Noms scientifiques/ description	Localisation/ nombre d'insectes							
			Région de l'Est			Région de Bono	Région de Bono Est	Région de la savane	
		Aframase	Asesewa	Begoro	Aseseso	Wenchi	Techiman	Bole	Sawla
Chrysope verte	Chrysoperla rufilabris	6	4	1	0	7	8	4	1
Mangeuses de pommes	Diplognatha gagates	18	20	10	12	6	5	8	4
Mangeuses de pommes	Pachnoda cordata	10	12	11	2	5	3	4	2
Mangeuses de pommes	Pachnoda marginata	6	4	5	3	9	7	4	4
Punaise-moustique du cajou	Helopeltis schoutedeni	10	12	0	6	8	9	5	3
Fourmis tisserandes rouges	Oecophylla longinoda	500	200	150	100	300	450	200	150
Cafard du désert	Arenivaga investigata	4	3	10	4	3	1	4	12
Sauterelle	Caelifera	35	6	11	5	47	32	40	35
Tacheur de coton	Dysdercus superstiteux	1	5	4	7	3	6	3	3
Grillon domestique	Acheta domesticus	10	10	7	7	11	2	10	7
Araignée	Aranee	11	4	4	6	25	18	20	15
Coléoptère brun	Latridiidae	6	4	6	9	2	5	3	7
Abeille	Apis mellifera	5	6	3	2	10	8	11	21
Mante religieuse	Mante religieuse	4	6	7	9	15	9	25	15
Fourmi noire	Lasius niger	0	0	10	1	1	1	1	1
Coléoptère noir	Amara aulica	2	1	1	5	4	6	1	5
Mouches domestiques	Musca domestica	5	3	1	3	1	0	0	5
Punaise coréidée	Pseudotheraptus devastans	2	3	5	4	7	3	1	1
Guêpe potière	Eumenes fraternus	1	1	0	1	0	0	0	1
Frelon	Vespa crabro	0	1	0	1	0	0	0	0
Coléoptère Hydrophilus	Hydrophilus triangularis Say	0	1	0	1	0	0	0	0
Claviralla	Claviralla tomentosicollis Stal	0	2	1	1	1	1	1	0
Blatte germanique	Blattella germanica	1	0	0	0	0	0	0	1
Foreur de tige	Apate terebrans	0	3	0	0	0	0	0	0
Punaise à antenne	Anoplocnemis curvipes	1	1	0	0	0	1	0	1
Papillons	Lépidoptères	20	13	22	19	24	21	24	20
Termite	Isoptères	10	13	18	20	24	11	24	15
Mineuse de feuilles (dégâts)	Acrocercops Syngramma	<1 %	0	<1 %	<1 %	<1 %	0	<1 %	<1 %
Crematogaster	Crematogaster clariventris	10	12	16	12	20	15	23	11
Macromischoides	Macromischoides aculeatus	2	5	6	4	8	5	19	12
Camponotus	Camponotus acvapimensis Mayr	3	0	0	12	2	1	1	3
Phéidole	Pheidole megacephala	21	17	18	20	19	23	26	21
Anneleur de la tige de l'anacardier	Analeptes trifasciata	2	2	4	2	1	1	0	3

Évaluation et identification des maladies

Les principales maladies identifiées sont les taches foliaires et la rouille des feuilles, la brûlure des inflorescences et l'anthracnose (Tableau 4).

Tableau 4 : Incidence des maladies dans les plantations d'anacarde visées par l'enquête dans les différents districts

Maladie	Localisations/incidence des maladies (%)							
	Région de Bono	Région de Bono Est	Région de la savane			Région de l'Est		
	Wenchi	Techiman	Bole	Sawla	Aframase	Asesewa	Begoro	Aseseso
Anthraxose	23,8	21,9	26,5	31,8	9,1	10,8	13,4	5,2
Tache foliaire	21,2	18,2	15,1	23,9	15,8	7,8	8,7	15,5
Flétrissement des feuilles	8,1	3,6	39,9	22,9	5,3	8,1	6,3	1,4
Rouille des feuilles	8,5	9,8	16,4	6,9	2,8	8,8	5,5	1,0
Brûlure des inflorescences	4,8	5,4	8,3	5,0	69,3	0,0	2,5	4,5
Gommose	0,0	1,1	0,0	0,0	1,0	0,3	0,0	0,0
Dépérissement des rameaux	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,02

Stade post-fructification

Évaluation des insectes

Les insectes nuisibles identifiés sont *Anoplocnemis curvipes* (punaise à antenne), *Helopeltis schoutedeni* (punaise-moustique du cajou), *Apate terebrans* (foreur de la tige de l'anacardier), *Analeptes trifasciata* (anneleur de la tige de l'anacardier) et les termites (Tableau 5). Les principales mangeuses de pommes identifiées sont *Diplognatha gagates*, *Pachnoda cordata* et *Pachnoda marginata*. Au nombre des insectes utiles (ennemis naturels et pollinisateurs) identifiés, on compte la chrysope verte (*Chrysoperla rufilabris*), les abeilles, le complexe des fourmis (*Oecophylla*, *Crematogaster*, *Macromischoides* et *Camponotus* spp), la mante religieuse et la guêpe (Tableau 5).



Tableau 5 : Collecte d'espèces d'insectes dans les plantations d'anacarde montrant l'abondance et la diversité.

Nom commun	Noms scientifiques/ description	Localisation/nombre d'insectes							
			Région de l'Est			Région de Bono	Région de Bono Est	Région de la savane	
		Aframase	Asesewa	Begoro	Aseseeso	Wenchi	Techiman	Bole	Sawla
Chrysope verte	Chrysoperla rufilabris	5	4	1	0	7	8	4	1
Mangeuses de pommes	Diplognatha gagates	2	1	2	3	1	3	1	0
Mangeuses de pommes	Pachnoda cordata	2	4	1	1	2	0	0	0
Mangeuses de pommes	Pachnoda marginata	2	0	1	0	0	1	0	0
Punaise-moustique du cajou	Helopeltis schoutedeni	3	2	0	1	1	2	0	1
Fourmis tisserandes rouges	Oecophylla longinoda	300	100	50	70	150	200	30	15
Cafard du désert	Arenivaga investigata	3	1	2	1	1	1	3	1
Sauterelle	Caelifera	12	2	4	1	7	5	10	12
Tacheur de coton	Dysdercus superstiteux	1	5	4	7	3	6	3	3
Grillon domestique	Acheta domesticus	2	4	2	3	5	2	3	2
Araignée	Aranege	6	1	2	2	15	8	2	4
Coléoptère brun	Latridiidae	6	4	6	7	2	5	3	7
Abeille	Apis mellifera	5	6	3	2	8	8	9	9
Mante religieuse	Mante religieuse	4	6	7	9	15	9	10	4
Fourmi noire	Lasius niger	0	0	5	1	1	1	7	4
Coléoptère noir	Amara aulica	2	1	1	5	4	6	1	5
Punaise coréidée	Pseudotheraptus devastans	2	4	3	5	4	0	0	0
Guêpe potière	Eumenes fraternus	2	1	1	1	0	2	1	1
Frelon	Vespa crabro	1	2	0	1	1	3	0	4
Coléoptère Hydrophilus	Hydrophilus triangularis Say	3	3	0	1	3	0	4	0
Clavigralla	Clavigralla tomentosicollis Stal	3	4	2	2	5	3	3	1
Blatte germanique	Blattella germanica	2	0	1	0	0	0	1	0
Foreur de tige	Apate terebrans	1	1	0	0	0	1	0	1
Punaise à antenne	Anoplocnemis curvipes	5	3	6	12	4	11	9	4
Papillons	Lépidoptères	9	14	18	23	25	12	21	16
Termite	Isoptères	10	13	18	20	24	11	24	15
Mineuse de feuilles (dégâts)	Acrocercops Syngamma	<1 %	0	<1 %	<1 %	<1 %	0	<1 %	<1 %
Crematogaster	Crematogaster clariventris	13	14	17	5	6	5	8	9
Macromischoides	Macromischoides aculeatus	2	5	6	4	8	5	19	12
Camponotus	Camponotus acvapimensis Mayr	3	0	0	12	2	1	1	3
Phéidole	Pheidole megacephala	20	7	8	9	10	13	16	9
Anneleur de la tige de l'anacardier	Analeptes trifasciata	2	2	5	2	1	1	0	3

Évaluation et identification des maladies

Les principales maladies identifiées sont les taches foliaires et la rouille des feuilles, la brûlure des inflorescences et l'anthracnose (Tableau 6).

Tableau 6 : Incidence des maladies dans les plantations d'anacarde visées par l'enquête dans les différents districts

Maladie	Localisations/incidence des maladies (%)							
	Région de Bono	Région de Bono Est	Région de la savane			Région de l'Est		
	Wenchi	Techiman	Bole	Sawla	Aframase	Asesewa	Begoro	Asesceso
Anthracnose	14.4	16.0	15.9	20.2	6.9	3.4	12.3	3.5
Tache foliaire	19.9	19.7	23.5	20.8	7.7	8.9	8.7	8.0
Flétrissement des feuilles	6.8	2.5	32.2	27.9	9.0	5.2	3.2	2.5
Rouille des feuilles	8.6	2.3	3.1	4.4	0	2.6	0	2.8
Brûlure des inflorescences	0	0	0.7	0.4	0	1.2	0	0
Gommose	0	0	0.8	0	0	0.5	1.4	0
Dépérissement des rameaux	0	0	0	1.8	1.0	1.9	1.6	3.0

Discussion

La présente étude a identifié plusieurs espèces d'insectes sur l'anacarde au Ghana, la plupart ayant déjà été évoquées par Dwomoh *et al.* (2008). Dans la présente étude, les espèces d'insectes identifiées sont les punaises coréides *P. devastans* et *A. curvipes*, *Helopeltis* spp, *D. superstitiosus*, *S. rubrocinctus*, *H. schoutedeni*, *A. trifasciata* et les fourmis *P. megacephala*, *C. clariventris*, *M. aculeatus*, *C. acvapimensis* et *O. longinoda*. La majorité de ces espèces d'insectes a déjà été signalée au Ghana, au Nigéria, en Côte d'Ivoire, en Guinée-Bissau et en Guinée (Eguagie, 1972 ; Topper *et al.*, 2001 ; Dwomoh *et al.*, 2008). Ces informations laissent croire à des similitudes entre les espèces d'insectes associées à l'anacarde dans la sous-région de l'Afrique de l'Ouest. Les similitudes des conditions climatiques associées à la diversité génétique du matériel végétal et des pratiques de gestion agricole pourraient contribuer aux similitudes de la diversité des insectes. Même si ce phénomène de similitude des espèces d'insectes entre les pays producteurs de cajou en Afrique de l'Ouest peut être exploité en vue de l'intégration et de l'harmonisation des protocoles de lutte contre les nuisibles, il s'accompagne également d'un risque d'infestation sous-régionale de nuisibles en cas de forte recrudescence de ces derniers. Il est important de noter que seule une faible proportion des insectes identifiés sont des nuisibles. La majorité des insectes trouvés dans les plantations de cajou sont des insectes utiles, dominés par le complexe des fourmis. D'autres insectes dont le rôle écologique est inconnu ou non documenté dans le paysage de l'anacarde au Ghana, tels que la blatte germanique et le grillon domestique, ont été identifiés. La plupart des insectes identifiés ont été trouvés sur tous les sites de l'étude au cours de la période d'évaluation. Cependant, des différences entre les populations d'insectes dans les plantations de cajou ont été observées aux différents stades phénologiques de la culture. À titre d'exemple, les populations d'*Oecophylla longinoda* étaient plus importantes aux stades de la floraison et de la fructification comparativement aux autres stades phénologiques de la culture (Tableaux 1, 3 et 5). Même si la punaise-moustique du cajou, *H. schoutedeni* et les punaises coréides sont tous des insectes suceurs de sève, les populations de *H. schoutedeni* étaient plus importantes que celles des autres pendant les phases de préfloraison et de floraison de la culture. Il en est ainsi parce que *H. schoutedeni* se nourrit librement des points d'affleurement récemment formés en suçant leur sève, comparativement aux punaises coréides qui préfèrent les fruits (noix et pommes non mures). Cette habitude d'alimentation par succion entraîne le dessèchement de l'extrémité en pleine croissance des anacardiens (Dwomoh *et al.*, 2008). Cependant, lors de la phase de fructification de la culture dans toutes les localités, le nombre de punaises coréides était similaire à celui de *H. schoutedeni*. Les punaises coréides se nourrissent également des extrémités en croissance des anacardiens, mais préfèrent les fruits (pommes et noix), ce qui les déforme considérablement (Dwomoh *et al.*, 2008). Ces punaises suceuses de sève d'anacardier ont déjà été évoquées dans toute la sous-région ouest-africaine (Boakye 1995 ; Dwomoh *et al.*, 2008, Eguagie, 1972 ; Topper *et al.*, 2001). L'anneleur de la tige de l'anacardier, *Analeptes trifasciata*, est également un insecte nuisible important que l'on trouve sur tous les sites étudiés. Ce nuisible s'enroule autour des tiges et des branches des anacardiens et les fait tomber. On sait que leur nombre est très élevé dans les plantations mal entretenues (Amoako-Attah *et al.*, 2020). L'étude a permis d'identifier un certain nombre de mangeuses de fruits présentes pendant la période de fructification de la culture. Ces mangeuses de fruits étaient principalement *Diplognatha gagates*, *Pachnoda cordata* et *Pachnoda marginata* ; de plus, Dwomoh *et al.* en ont précédemment fait cas. (2008).

Différentes fourmis ont été signalées comme étant des ennemis naturels de la plupart des insectes nuisibles observés sur de nombreuses cultures, y compris le cajou (Vanitha *et al.*, 2017 ; Abdulla *et al.*, 2017). Dans cette étude, il a été fait état de ce que l'espèce de fourmi dénommée *Oecophylla longinoda* observée dans la plantation d'anacarde réduit les populations d'insectes nuisibles vivant sur l'anacardier (Dwomoh *et al.*, 2009). Cette étude a montré qu'il s'agit de l'espèce de fourmi la plus abondante dans les plantations d'anacarde au Ghana. Les autres espèces de fourmis trouvées et également signalées précédemment sur la culture sont *C. striatula*, *C. olivieri* et *P. megacephala*. Ce complexe de fourmis identifié sur les noix de cajou aide à réduire au minimum les populations d'insectes nuisibles sur la culture (Vanitha *et al.*, 2017 ; Vanitha, *et al.*, 2022 ; Abdulla *et al.*, 2017).

Outre les espèces de fourmis, l'étude a révélé un certain nombre d'espèces d'ennemis naturels dans les plantations de noix de cajou au Ghana. On dénombre parmi ces ennemis naturels *Eumenes fraternus* (guêpe potière), des araignées, *Mantis religiosa* (mante religieuse) et *Chrysoperla rufilabris* (chrysope verte). Certains de ces ennemis naturels ont été signalés par Sundararaju (1984) et dans Kyine Khaing *et al.* (2004). Le principal ennemi naturel signalé contre les insectes nuisibles du cajou est *Oecophylla longinoda* (fourmis tisserandes rouges) (Dwomoh *et al.*, 2009). L'abeille, *Apis mellifera*, qui sert de pollinisateur, a également été identifiée dans les plantations de cajou sur les différents sites. Le complexe d'ennemis naturels du cajou pendant les phases de floraison et de fructification de la culture est bien plus important que celui observé pendant les phases de préfloraison et de post-fructification de la culture. Les phases de préfloraison et de post-floraison de la

culture peuvent ne pas voir proliférer les nuisibles en raison de l'absence de sites d'alimentation et de reproduction. Ce phénomène réduira donc les populations d'ennemis naturels dans les plantations d'anacarde puisque les populations de leurs proies sont faibles. En raison de la présence d'ennemis naturels sur la culture pendant les phases de floraison et de fructification du cajou, il faut veiller à n'appliquer que les insecticides recommandés et au bon moment pour éviter de réduire les populations d'ennemis naturels. Dans un écosystème de cajou équilibré, l'application d'insecticides peut réduire le complexe d'ennemis naturels présents dans les plantations. L'application indiscriminée d'insecticides pendant la période de fructification de la culture peut également entraîner une contamination chimique des fruits.

Les maladies du cajou ont été signalées comme affectant la production de la culture dans toutes les régions productrices, y compris le Ghana (Amoako Attah *et al.*, 2021, Koné *et al.*, 2015 ; Freire, *et al.*, 2002 ; Monteiro *et al.*, 2022). Les maladies affectent la qualité et la quantité des noix de cajou, ce qui entraîne une perte de revenus pour l'exploitant agricole.

L'anthracnose, les taches foliaires, le flétrissement des feuilles et la rouille des feuilles sont les principales maladies identifiées. Ces maladies ont déjà été signalées comme affectant les anacardiens au Ghana (Amoako-Attah *et al.*, 2021 ; Muntala *et al.*, 2021). L'anthracnose, causée par *Colletotrichum gloeosporioides*, est une maladie majeure du cajou au Ghana et dans de nombreux pays producteurs de la sous-région. Elle affecte les noix, les rameaux et les fleurs de l'anacardier, entraînant une perte de rendement de 70 à 100 % si elle n'est pas maîtrisée (Amoako-Attah *et al.*, 2021 ; Wonni *et al.*, 2017 ; Freire *et al.*, 2002). L'incidence des maladies de l'anthracnose était de 6,63-40,46 %, 5,24-31,78 % et 3,48-20,18 % respectivement pendant les stades de préfloraison, de fructification/floraison et de post-floraison. Soro *et al.* (2021) ont signalé une sévérité de la maladie de l'anthracnose de 4,52-51,96 % au cours d'une enquête sur la maladie de l'anthracnose dans certaines régions productrices de cajou de Côte d'Ivoire. La maladie du flétrissement des feuilles causée par un complexe fongique de *Lasiodiplodia* spp., *Pestalotia* spp. et *Colletotrichum* spp. est caractérisée par des taches irrégulières de couleur rouge brique sur les bords des feuilles qui fusionnent ensuite en une coloration gris argenté (Agyare *et al.*, 2022). L'incidence des maladies au cours de la présente étude a été de 2,89-37,84 %, 1,4-39,90 % et 2,84-32,24 % au cours des phases de préfloraison/floraison/fructification et de post-fructification respectivement. Nene et Sijaona (2015) ont fait état d'une incidence de la maladie du flétrissement des feuilles du cajou de 1 à 70 % dans les zones de production du sud de la Tanzanie. Cependant, l'agent pathogène en Tanzanie est différent de celui du Ghana. Les maladies des taches foliaires et de la rouille des feuilles, bien que dominantes dans les zones étudiées, sont considérées comme des maladies mineures du cajou au Ghana et causent donc des dommages minimes à la culture (Amoako Attah *et al.*, 2021 ; Muntala *et al.*, 2021). Les maladies de la brûlure des inflorescences, de la gommose et du dépérissement des rameaux étaient moins graves dans les plantations étudiées. L'incidence de la brûlure des inflorescences au stade de la floraison/fructification a varié entre 0 et 8,24 %. Bien que moins grave, cette maladie peut entraîner la perte de fleurs et donc un faible rendement si elle n'est pas maîtrisée.

L'incidence des maladies était très faible dans les zones semi-décidues (région de l'Est) par rapport aux autres zones. Ce fait pourrait être dû à la variation des conditions environnementales dans les différentes zones agro-écologiques. Les maladies constatées au cours de cette étude ont été signalées dans d'autres zones de culture de la sous-région de l'Afrique de l'Ouest. Wonni *et al.* (2017) ont mentionné la prévalence de l'anthracnose, de la tache foliaire et de la gommose comme étant les principales maladies du cajou au Burkina-Faso. En Tanzanie, la rouille des feuilles et l'anthracnose étaient les maladies dominantes, marquées par une perte de rendement de 70 à 100 % (Otuonye *et al.*, 2014). L'anthracnose a également été signalée comme faisant peser une menace sérieuse sur la production de cajou au Mozambique (Uaciquete *et al.*, 2013), tandis qu'au Bénin, les taches foliaires, la rouille des feuilles et l'anthracnose continuent de figurer parmi les maladies dominantes (Afouda *et al.*, 2013).

La lutte contre ces maladies importantes du cajou est cruciale pour la survie de l'industrie du cajou au Ghana et dans tous les pays producteurs. Les pratiques culturales et l'application de fongicides ont été utilisées efficacement pour lutter contre les maladies du cajou (Amoako-Attah *et al.*, 2021 ; Christian 2001 ; Menezes *et al.*, 1975 ; Zhongrun *et al.*, 2014). L'utilisation de matériel végétal résistant et de produits à base de plantes s'est avérée prometteuse dans la lutte contre les maladies du cajou (Adeji *et al.*, 2021 ; Nene *et al.*, 2017).

Conclusion

L'enquête a montré qu'un certain nombre d'espèces d'insectes et de maladies affectant l'anacardier prévalent au Ghana. Les insectes attaquent le cajou par la succion de la sève, la défoliation, l'annélation des tiges ou des branches. D'autres perforent également les tiges, les fruits et les noix. Certaines espèces d'insectes identifiées sont des ennemis naturels des nuisibles et d'autres servent de pollinisateurs à la culture. Les maladies dominantes du cajou au Ghana sont l'anthracnose, les taches foliaires, le flétrissement des feuilles, la brûlure des inflorescences, la rouille des feuilles, la gommose et le dépérissement des rameaux. Les insectes nuisibles et les maladies identifiés dans cette étude se sont révélés similaires à ceux identifiés dans d'autres pays d'Afrique de l'Ouest. Par conséquent, il est nécessaire d'harmoniser les protocoles de lutte contre les nuisibles et les maladies afin d'assurer une production durable de cajou dans la sous-région de l'Afrique de l'Ouest.

Remerciements

Cette recherche a été financée par PROCashew ; Cultivating New Frontiers in Agriculture (CNFA) du ministère de l'Agriculture des États-Unis (USDA). Les auteurs adressent également leurs remerciements au personnel des Divisions de l'entomologie et de la phytopathologie du CRIG pour leur contribution à la collecte des données et à l'identification des échantillons. Nous témoignons en outre notre gratitude à M. Nkroma Y. Dankwa et Mme Chriscencia Naah de la Division de l'agronomie pour leur aide dans la réalisation de la carte des sites couverts par l'étude.

Références

- Abdulla, N.R., Rwegasira, G.M., Jensen, K.M.V., Mwatawala, M.W. et Offenberg, J., (2017). Potential of *Oecophylla longinoda* Latreille (Hymenoptera: Formicidae) in managing major insect pests in organic cashew production systems. *Organic agriculture*, 7(2), pp.95-104.
- Adeji, A.O. et Aduramigba-Modupe, A.O. (2021). Botanical alternatives in management of fungal pathogens of seedling blight of cashew (*Anacardium occidentale* L.). *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 14(1), pp.193-198.
- Amoako-Attah, I., Awudzi, G. K., Adu-Acheampong, Asare, E. K., Bukari, H. Y., R., Avicor, S. W et Ahadzi, S. K. (2021). Manual for identification and management of cashew insect pests and diseases in Ghana. Ghana. Cocoa Research Institute. Technical Bulletin No. 29, 31pp

- Abbeam, G., Fosu, S., et Ogundeji, A. A. (2021). Technical and resource-use efficiencies of cashew production in Ghana: implications on achieving sustainable development goals. *Scientific African*, 14, e01003.
- Agyare, S., Bukari, Y., Amoako-Attah, I. et Asare, E.K. (2022). Maladies du flétrissement de la feuille de cajou au Ghana : Organismes responsables, pathogénicité et lutte contre ces maladies. Innovations dans le domaine du cajou : Premiers actes de la recherche de l'ACA, 36-44. Conférence de l'Alliance africaine du cajou (ACA), 12 au 15 septembre 2022, Abuja, Nigéria
- Christian D. (2001). The cultivation of cashew, research and solutions. *FruiTrop*, 81: 1-3.
- Dwomoh, E. A., Afun, J. V. K., et Ackonor, J. B. (2007). Evaluation of karate EC, cyperdim EC, and confidor SL for the control of *Helopetis schoutedeni reuter* (Hemiptera: Miridae) on cashew in Ghana. *Journal of Science and Technology (Ghana)*, 27(1), 1-8.
- Dwomoh, E. A., Ackonor, J. B. et Afun, J. V. K. (2008). Survey of insect species associated with cashew (*Anacardium occidentale* Linn.) and their distribution in Ghana. *African Journal of Agricultural Research* 3(3): 205-214.
- FAOSTATS (2021). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Accessed 14th December, 2021.
- Freire, F.C.O., Cardoso, J.E., Dos Santos, A.A. et Viana, F.M.P., (2002). Diseases of cashew nut plants (*Anacardium occidentale* L.) in Brazil. *Crop Protection*, 21(6), pp.489-494.
- Freire, F.C.O., Cardoso, J.E., dos Santos A.A et Viana, F.M.P. (2002). Diseases of cashew nut plants (*Anacardium occidentale* L.) in Brazil. *Crop Protect.*, 21: 489-494.
- In Kyine Khaing, I. K. K., et al. (2004). Studies on the insect pests and their natural enemies on cashew, *Anacardium occidentale* L. at different locations and different seasons, Yangon
- Myanmar Academy of Agricultural, Forestry, Livestock and Fishery Sciences: 274–294.
- Koné, D., Abo, K., Ouali, N.M., Cherif, M., N'depo, O.R. et Soro, S. (2015). Maladies et insectes ravageurs de l'anacardier. *Biological Control of Plant Pathology*; 1:14
- Menezes, M., Karan, M.Q., Lima, J.A.A. et Parente, J.I.G. (1975). Periods and frequencies for fungicide spraying against cashew anthracnose. *Fitossanidade*, 1: 70-71.
- Mensah, N. O., Anaman, R., Nyarko-Fordjour, K., Afotey Anang, S., Donkor, A., et Twintoh, J. (2021). Creating Sustainable Income through the Cashew Nuts Value Chain (Evidence from Ghana). *Journal of Nuts*, 12(3), 253-271.
- Monteiro, F., Romeiras, M.M., Barnabé, J., Catarino, S., Batista, D. et Sebastiana, M., (2022). Disease-Causing Agents in Cashew: A Review in a Tropical Cash Crop. *Agronomy*, 12(10), p.2553.
- Muntala, A., Kwadwo Gyasi S, Mawuenyegan Norshie P, Larbi-Koranteng S, Kwekucher Ackah F, Afreh Ntiamoah D, et Atef Mohamed M. (2021). Diseases and Insect Pests Associated with Cashew (*Anacardium occidentale* L.) Orchards in Ghana. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*. 2021; 3(5):23-32.
- Nene, W. A. (2017). The efficacy of botanical pesticides for managing powdery mildew, *Oidium anacardii* Noack disease in cashew, *Anacardium occidentale* L. plantations in Tanzania. *Research Journal of Agriculture and Forest*, 5(10), pp.1-6.
- Nene, W. A., M. E. Sijaona (2017). Assessment of incidences and severity of cashew
- Leaf and nut blight disease (CLNBD) in the southern areas of Tanzania. *International Journal of Science and Research*, 6, 391
- Otuonye, A. H., Agbeniyi, S. O., Otuonye, T. C., Muiyiwa, A. A. (2014). Isolation and identification of fungi associated with cashew (*Anacardium Occidentale* L.) leaf spot disease. *Compr. Res. J. Agric. Sci.*, 2:34–39.
- Soro A.N., Soro S., Yéo G., Kouman A.M.N, Tehua A.A, Silué, N. Abo K., et Koné, D. (2022). Sévérité et distribution actualisée de l'anthracnose de l'anacardier en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, Sp. 34 (1): 49 - 58
- Sundararaju, D. (1984). Cashew pests and their natural enemies in Goa. *Journal of Plantation Crops*, 12(1), pp.38-46.
- Uaciquete, A., Korsten, L., Van der Waals, J.E. (2013) Epidemiology of cashew anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) in Mozambique. *Crop Prot*, 49: 66–72.
- Vanitha, K., Bhat, P.S., Raviprasad, T.N. et Srikumar, K.K., (2017). Species composition of ants in cashew plantations and their interrelationships with cashew. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 87, pp.399-409.
- Vanitha, K. et Raviprasad, T.N., (2022). Flower pests of cashew, their seasonal incidence, damage and natural enemies. *International Journal of Tropical Insect Science*, 42(1), pp.163-171.
- Wonni, I., Sérémé, D., Ouédraogo, I., Kassankagno, A.I., Dao, I. et Ouédraogo L. (2017). Diseases of cashew nut plant in Burkina Faso. *Advances in Plants & Agric. Resea*; 6:1-8
- Wongnaa, C. A., et Ofori, D. (2012). Resource-use efficiency in cashew production in Wenchi Municipality, Ghana. *AGRIS on-line Papers in Economics and Informatics*, 4(665-2016-44885), 73-80.
- Zhongrun, Z., Masawe, P.A.L. (2014). Diseases and Insect Pests of cashew in Tanzania. Tropical Crops Genetic Resources Institute-CATAS, China and Naliende Agricultural Research Institute P. O. Box 509, Mtwara, Tanzanie.

FACTEURS D'ADOPTION DE LA CULTURE D'ANACARDIER PAR LES PRODUCTEURS DU DÉPARTEMENT DE LA BÉNOUÉ AU NORD CAMEROUN

ABOUBAKAR BINTOU BENAZIR · Guillaume Hensel FONGANG FOUPEPE¹ · Faylone Gaëlle MADEMGUIA KUISSU¹

Département de Socio-Economie Rurale et Vulgarisation Agricole, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun

Résumé

Au Cameroun, les défis de la diversification des cultures de rente ont conduit récemment à la vulgarisation de l'anacardier dans cinq régions du pays, parmi lesquelles la région du Nord, dominée par la culture du coton. Cet article fournit un éclairage sur les facteurs qui influencent l'adoption de la culture de l'anacarde par les producteurs du département de la Bénoué au Nord Cameroun. Des enquêtes ont été menées d'avril à mai 2022 auprès des producteurs ayant adopté la culture de l'anacarde, répartis dans 03 des 12 arrondissements de la Bénoué (Demsá, Pitoa, et Garoua 3). Ces enquêtés ont été sélectionnés au moyen de la technique d'échantillonnage raisonnée. Les données ont été collectées auprès de 137 producteurs d'anacarde, et de trois responsables de la Société de Développement du Coton (SODECOTON). Ces données ont fait l'objet d'analyses thématique et descriptive. Il en ressort que, les acteurs impliqués dans la vulgarisation de la culture de l'anacarde dans la Bénoué sont la SODECOTON, la délégation départementale de l'agriculture et du développement rural, la GIZ et la commune. La plupart recourent au conseil technique sur l'itinéraire de production pour vulgariser la culture de l'anacarde. Les producteurs ayant adopté l'anacardier dans la Bénoué sont pour la plupart (96%) des hommes âgés entre 36 à 45 ans. La majorité (68%) est scolarisée ayant atteint au moins le niveau secondaire. Plusieurs facteurs influencent favorablement l'adoption de l'anacardier par les producteurs. Il s'agit notamment des facteurs économiques dont le prix incitatif de la noix de cajou sur le marché, les facteurs socioculturels notamment les qualités organoleptiques et médicinales de l'anacardier qui est utilisé pour soigner plusieurs maladies à l'instar du paludisme et des maladies cardiovasculaires. Le renforcement de la fertilisation des sols par l'anacardier et son utilisation comme ombrage sont aussi des facteurs d'adoption. Ces producteurs sont confrontés à plusieurs difficultés, particulièrement les conflits avec les éleveurs, l'accès difficile à l'eau pour arroser les plantes en saison sèche et le retard dans la fourniture des plants d'anacardier par les promoteurs.

Toutefois, les producteurs ont développé diverses stratégies telles que les haies vives, l'aménagement des points d'eau et la construction de mini-pépinières pour remplacer les plants morts. L'étude recommande de renforcer les capacités techniques des producteurs adoptants.

Mots clés : adoption, anacardier, Bénoué, Nord-Cameroun.

1. Introduction

L'agriculture est l'un des secteurs clé de l'économie camerounaise. L'Institut National de la Statistique [INS], (2017) estime que le secteur agricole contribue à plus de 22,9 % au PIB du pays. Ce chiffre représentait environ 23 % des exportations totales du pays en 2013. Selon un rapport du Ministère d'Agriculture et du Développement Rural (2016), le secteur agricole est le premier pourvoyeur d'emplois avec 62% de la population active au Cameroun, bien que seulement 15,4% des terres soient arables. L'importance du secteur agricole repose principalement sur le sous-secteur des produits de rente qui couvre le cacao, le café, la banane, le caoutchouc, le bois, les produits du palmier et le coton. La zone cotonnière du Cameroun couvre une grande part du Nord et de l'Extrême-Nord, excluant les zones septentrionales proches du lac Tchad (Département du Logone et Chari). Le coton joue un rôle important dans le développement rural et économique au Nord du Cameroun. Cette filière est principalement portée par la Société de Développement du Coton (SODECOTON), principale société agro-industrielle de cette région, créée en 1974 (Devèze, 1996) pour poursuivre l'action de la Compagnie Française de Développement des Textiles (CFDT). Dans le cadre du Document de Stratégie pour la Croissance et l'Emploi (DSCE), le Cameroun souhaite lancer un vaste programme d'accroissement de la production agricole en vue de satisfaire non seulement les besoins alimentaires des populations, mais également des agro-industries. Dans ce cadre, il ambitionne de moderniser l'appareil de production en rendant accessibles et disponibles les facteurs de production tels que la terre, l'eau et les intrants agricoles ; en promouvant l'accès aux innovations technologiques à travers le renforcement de la liaison recherche-vulgarisation ; en développant la compétitivité des filières de production à l'instar de la production d'anacarde qui commence à s'étendre et à être vue comme « l'or blanc » sur le marché international. En effet, l'anacardier (*Anacardium occidentale*) est un arbre à usage multiple et varié, introduit dans les trois régions septentrionales du Cameroun en 1975 où plusieurs milliers d'hectares ont été plantés dans le but d'éviter la dépendance excessive au coton. Cet objectif n'a jamais été pleinement atteint car ce secteur est resté longtemps peu développé. Toutefois le gouvernement réaffirme son engagement en faveur de l'anacardier en vue de contribuer au développement socio-économique du bassin cotonnier avec une production annuelle de 108 tonnes de noix de cajou (MINADER, 2018).

Selon le document de la stratégie National du Développement des Chaines de valeur de la Filière Anacarde 2019-2023, le gouvernement Camerounais ne cesse de réitérer la nécessité de réaliser une véritable « Révolution Agricole » à travers la modernisation des moyens de production et la transformation des produits agricoles. Ce qui permettrait au pays de conforter son statut de grenier d'Afrique. Dans le contexte actuel de quête de la diversification des sources de revenus durables pour les producteurs et le développement des chaînes de valeurs, le gouvernement a donné son aval pour la formulation d'une vision consensuelle concernant la nécessité d'accompagner le développement de la filière anacarde. L'importance économique de cette filière, qui est demeurée longtemps ignorée, est aujourd'hui avérée, avec une forte demande des produits dérivés au niveau international. La culture de l'anacarde peut, outre le coton, le café et le cacao, jouer un rôle moteur dans la croissance économique et dans le développement des pays pauvres.

En dépit de son importance pour l'augmentation des revenus des producteurs et la diversification des cultures, l'anacarde est un produit porteur pour le Cameroun sur le plan économique, environnemental et social. Ses produits dérivés tels que la noix de cajou, l'amande de cajou

blanche et torréfiée, ainsi que la pomme de cajou sont directement consommés, mais aussi utilisée pour la fabrication de jus, de confiture ou alcool (Document de la Stratégie Nationale de Développement des Chaines de Valeurs de la Filière Anacarde au Cameroun (2019-2023).

L'Etat camerounais via le MINADER (Ministère d'Agriculture et du Développement Rural) envisage mettre en place l'anacarde comme deuxième culture d'exportation dans la zone soudano-sahélienne, et de cette manière diversifier les sources de revenus des producteurs, afin de sortir une partie de la population de la pauvreté. Dès lors, de nombreux autres acteurs se sont engagés dans cette cause en vulgarisant la culture de l'anacardier au côté du MINADER. Aussitôt, plusieurs producteurs ont décidé de se lancer dans la production de cette culture. C'est dans cette optique que cet article s'intéresse à la diffusion de l'anacarde dans la partie septentrionale du pays, plus précisément dans le département de la Bénoué. L'intérêt ici étant d'analyser les facteurs qui influencent l'adoption de la culture de l'anacarde par les producteurs du département de la Bénoué au Nord Cameroun. Il sera question d'identifier les acteurs impliqués dans la vulgarisation de l'anacardier dans la Bénoué et l'approche de vulgarisation utilisée pour la diffusion de l'anacarde, de présenter les caractéristiques socio-économiques des producteurs d'anacardier de la Bénoué, identifier les facteurs de l'adoption de cette culture par les producteurs et enfin identifier les problèmes auxquels font face les producteurs d'anacardier du département de la Bénoué

2. Méthodologie

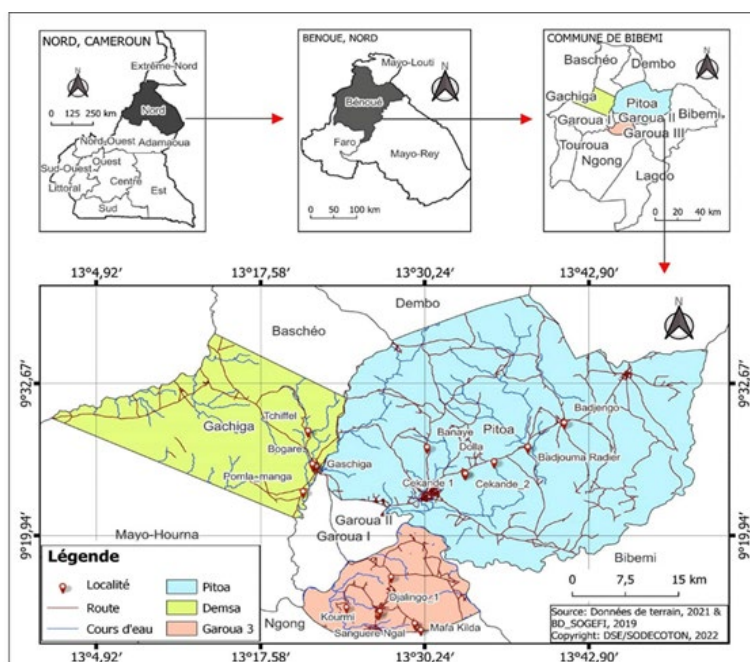
2.1 Choix de la zone d'étude

Cette étude a été menée dans trois des douze arrondissements (Demsa, Pitoa, et Garoua 3) du département de la Bénoué dans la région du Nord Cameroun. Cette Région fait partie des principales zones de production et de diffusion de l'anacardier au Cameroun, comme le montre Fadimatou (2021). Le Nord Cameroun constitue le premier bassin de production de l'anacarde au Cameroun. Il compte parmi les zones agro-écologiques les plus favorables (zone sahélienne) à la culture d'anacardier. La figure 1 offre une représentation schématique du Département de Bénoué plus précisément des arrondissements de Garoua 3, Demsa et Pitoa.

Copyright : DSE/SODECOTON, 2022

Figure 1 : Carte de localisation de la zone d'étude : Département de la Bénoué

Source : Données de terrain 2021 et BD_SOGEFI, 2019



2.2 Technique d'échantillonnage, collecte et analyse des données

Les données ont été recueillies d'avril à mai 2022. L'échantillon, basé sur l'unité d'analyse comprenait les producteurs ayant adopté l'anacardier, les responsables de la Société de Développement du Coton (SODECOTON). Grâce à la technique l'échantillonnage raisonné et celle à effet boule de neige, 137 producteurs d'anacarde et 03 responsables de la SODECOTON ont été sélectionnés et enquêtés avec un questionnaire et un guide d'entretien. Les données qualitatives obtenues ont fait l'objet d'analyse thématique et celles quantitatives ont été analysés avec les logiciels *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) version 23.0 et Excel 2016.

3. Analyses descriptives des données

3.1 Les acteurs impliqués dans la vulgarisation de la culture d'anacardier dans le département de la Bénoué

La vulgarisation de la culture d'anacardier dans le département de la Bénoué implique la collaboration de plusieurs acteurs, chacun apportant son expertise et ses ressources pour soutenir les producteurs locaux. Dans le cadre de la relance de la filière cajou, la diffusion des plants d'anacardier aux producteurs dans le département de la Bénoué débute en 2018, période à laquelle les premiers plants ont été mis sous terre. Les différents acteurs qui vulgarisent la culture d'anacardier dans le département de la Bénoué sont la délégation départementale de l'agriculture, la SODECOTON, la GIZ et la commune.

3.2 La délégation départementale de l'agriculture de la Bénoué

La délégation départementale de l'agriculture, service décentralisé du Ministère d'Agriculture et du Développement Rural, est au centre de tous les projets dans le domaine agricole au niveau local. C'est le cas du projet PADF-Cajou (Projet d'Appui au Développement de la Filière représenté dans cinq (05) régions du Cameroun dont la région du Nord.

La délégation départementale de la Bénoué joue un rôle essentiel dans la promotion et la diffusion de la culture d'anacardier à travers l'appui à la production, l'appui à la vulgarisation, l'organisation des acteurs ainsi que le suivi et évaluation. Grâce au conseil technique, elle soutient la mise en place des vergers, la formation des pépiniéristes, la production et la vente des plants (300 FCFA l'unité). Elle intervient également dans la formation et la sensibilisation des producteurs sur les bonnes pratiques de la culture d'anacardier à travers l'organisation des ateliers,

les réunions et campagnes pour encourager la plantation d'anacardier et la gestion durable des vergers. Lors de la fourniture des plants aux producteurs, ceux ayant leurs propres parcelles agricoles sont les plus privilégiés.

3.3 La SODECOTON

La division des projets agricoles de la SODECOTON s'occupe du volet des projets tels que le projet cajou. Bien que principalement axée sur la production du coton, la SODECOTON accompagne le MINADER dans la diffusion et la sensibilisation de la culture de l'anacarde auprès des producteurs de coton. Elle contribue également à la vulgarisation de l'anacardier en fournissant gratuitement aux producteurs ayant leurs propres parcelles agricoles les plants produits par la CNPC. Elle sensibilise également les producteurs sur l'utilité de l'anacardier, partage avec les producteurs son expertise en matière de gestion agricole et de chaîne de valeur. Elle travaille en fonction du budget que fournit l'Etat pour le projet cajou. Cependant, son intérêt pour la culture de l'anacardier repose sur un objectif bien précis. Celui d'augmenter le revenu des cotonculteurs via la diversification de sources de revenu, l'anacardier étant perçu comme un atout, une source de revenus complémentaire à celle du coton.

3.4 La GIZ

La (*Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)*) organisation de coopération internationale Allemande collabore avec les acteurs locaux pour promouvoir la culture de l'anacardier en apportant des connaissances techniques, les formations et les ressources pour améliorer la pratique de la culture d'anacardier. La GIZ œuvre à la sensibilisation et l'éducation environnementale, l'aménagement et la restauration forestière.

Le volet Projet Forestier Non ligneux traite de la transformation des produits forestiers non ligneux comme la noix de cajou. L'anacardier est considéré comme un arbre forestier donc la noix de cajou peut être transformée en huile de cajou et en amande. Pour se faire, la GIZ ne travaille qu'avec les producteurs d'anacardiers qui ont des vergers d'anacarde d'au moins 10 plantes. Pour assurer la récolte d'une bonne semence, elle identifie les arbres à fort potentiel de production au niveau des producteurs ayant des vergers d'anacardier datant de 5 à 6 ans. Ces vergers doivent être homogènes c'est à dire bien drainés et à culture unique, respectant les écartements d'au moins 10 mètres entre les plantes. Seuls les vergers respectant ses critères sont achetés par la GIZ pour la récolte des fruits au kilogramme par arbre. Vu l'importance de cette spéculation, la GIZ accompagne les producteurs d'anacardier durant tout le processus d'implémentation de la parcelle jusqu'à la récolte des fruits.

3.5 La commune

La commune de la Bénoué en tant que collectivité territoriale décentralisée accompagne les autres acteurs dans la promotion de la culture d'anacardier à travers diverses initiatives comme la sensibilisation des producteurs, la mise en place des formations sur les meilleures pratiques agricoles, la fourniture des plants reçus de l'IRAD (Institut de Recherche Agronomique pour le Développement) ou de la délégation départementale de l'agriculture. Elle facilite également des échanges entre les producteurs.

La diffusion des plants d'anacardier dans le Département de la Bénoué est assurée par plusieurs acteurs travaillant parfois en collaboration pour amener les producteurs à adopter la culture d'anacardier. Ces acteurs recourent au conseil technique sur l'itinéraire de production pour vulgariser l'anacardier auprès des producteurs. Ils utilisent les outils comme les fiches techniques pour montrer l'itinéraire technique de production de l'anacardier, la sensibilisation, la formation des producteurs relais qui doivent se charger de retransmettre aux autres producteurs. La retransmission se passe directement dans les parcelles des producteurs membre de l'organisation paysanne (OP), il s'agit de l'apprentissage par la pratique. Les producteurs ne bénéficient pas de formation et de suivi directement de la part des promoteurs mais plutôt des responsables de leurs OP préalablement formés. Seuls les pépiniéristes reçoivent les formations directement des techniciens ou ingénieurs envoyés par les acteurs de la promotion. Néanmoins, les producteurs du département de la Bénoué sont de plus en plus nombreux à s'investir dans la culture d'anacardier qu'ils considèrent comme seconde culture de rente après le coton ou culture de « retraite » comme le souligne un producteur. Ce dernier se justifie par le fait qu'à un certain âge, il n'aura plus de force pour la culture du coton, mais son anacardier pourra toujours produire des fruits sans efforts. Dans le cadre de la relance de la filière dans la Bénoué les premiers plants datent de 5 ans, par ailleurs, dans certaines exploitations, on retrouve l'anacardier datant des années 70 et 80 périodes d'introduction de l'anacardier dans le septentrion.

3.6 Caractéristiques socio-économiques des producteurs de coton ayant adopté l'anacardier et leurs exploitations

Présenter les caractéristiques socio-économiques des producteurs et leurs exploitations revêt une grande importance dans cette étude car permet de contextualiser des facteurs d'adoption de l'anacardier dans le département de la Bénoué. En effet, les variables comme l'âge, le sexe, le niveau de scolarisation, la taille du ménage, l'activité principale permettent de comprendre les contextes et les motivations. La taille de l'exploitation, les pratiques agricoles peuvent directement influencer l'adoption de l'anacardier.

Tableau 1 : Répartition des producteurs d'anacardier selon leurs caractéristiques socio-économique et celle de leurs exploitations.

Variables	Producteurs	Pourcentages (%)
Sexes	Masculin	96
	Féminin	4
Age	Moins de 25 ans	4
	] 36-45[	51

Niveau de scolarisation	Non scolarisé	27
	Primaire	34
	Secondaire	35
	Universitaire	4
Activités principales	Agriculture	29
	Agro-élevage	71
Statut matrimonial	Marié	95,70
	Célibataire	1,40
	Veuf (ve)	2,90
Main d'œuvre	Familiale	82,60
	Payante	17,40
Superficie de l'exploitation	Moins de 1ha	76,47
	] 1-1,5 [	20,59
	] 2-8 [	2,94
Appartenance à une organisation paysanne (OP)	Aucune OP	28
	GIC, Coop, association	72

L'échantillon de 137 producteurs d'anacardier du département de la Bénoué montre que la majorité soit 96% sont des hommes pour la plupart (51%) âge entre]36-45[avec un niveau de scolarisation (73%) élevé. Ce résultat est en contradiction avec ceux de Koffi et Oura, 2019 qui montraient que les 80 % des producteurs d'anacarde du bassin cotonnier de Côte d'Ivoire étaient analphabètes. L'activité principale des producteurs de la Bénoué est l'agro-élevage (71%) et la main d'œuvre est principalement (82,60%) familiale. La superficie de leurs exploitations varie de moins d'un hectare à 8 hectares, la majorité soit 76,47% ayant une exploitation de moins d'un hectare. La plupart appartiennent à une organisation paysanne soit un groupement d'initiative commune (5%), une coopérative (64%) ou une association (3%).

Les revenus de survie des producteurs du département de la Bénoué dépendent majoritairement de l'agriculture et de l'élevage surtout de la culture du coton qui est l'une des spéculations à fort potentiel économique de la zone. Ces producteurs pratiquent la culture en association. En raison de sa capacité à s'associer aux cultures vivrières, l'anacardier participe, de plus en plus à une nouvelle structuration du paysage agricole et tend à se positionner comme une culture de rente complémentaire au coton et aux cultures vivrières (Koffi et Oura, 2019). En plus de l'anacardier et du coton, les producteurs du département de la Bénoué associent également les cultures maraîchères (tomate, morelle noire) et les cultures vivrières (arachide, maïs, mil, sorgho). La pratique de l'élevage concerne le bétail et la volaille (moutons, bovins, caprins, poules villageoises, poulets de chair et canards).

Le taux élevé (87%) de producteurs recourant à la main d'œuvre familiale s'explique par le fait que, ces derniers ont une taille de ménage assez élevée soit une moyenne de 10 personnes par ménage. Partant des critères de différenciation (taille de l'exploitation, l'emploi de main-d'œuvre salariée, la spécialisation des cultures) de la typologie d'exploitation agricole selon Lamarche (2001), l'exploitation des producteurs d'anacardier du département de Bénoué est de type familial de survie.

4. Résultats et discussions

4.1 Facteurs qui influencent l'adoption de la culture d'anacardier par les producteurs dans le Département de la Bénoué

L'adoption d'une nouvelle culture par les producteurs repose sur plusieurs facteurs qui influencent le processus. Dans le Département de la Bénoué plusieurs raisons ont motivé les producteurs à se lancer dans la culture d'anacardier. Le tableau ci-dessous présente la répartition des producteurs en fonction des facteurs qui ont permis d'adopter la culture d'anacardier.

Tableau 4 : Répartition des producteurs d'anacardiens selon leurs facteurs d'adoption de l'anacardier

Catégories des facteurs	Spécificité des facteurs	Pourcentages (%)
Facteurs économiques	Rentabilité	36, 49
Facteurs socioculturels	Qualités organoleptique et médicinale	56, 95
Facteurs environnementaux	Renforcement de la fertilité du sol	6, 56
TOTAL		100

4.1.1 Facteurs économiques

La filière anacarde a connu une dynamique spectaculaire d'adoption par les agriculteurs en raison de l'intérêt marchand de cette culture (Djaha et al., 2012). La rentabilité de la culture d'anacardier est l'un des facteurs qui motivent 36,49% des producteurs du département de la Bénoué à adopter cette culture. En effet, l'anacardier est devenu intéressant pour certains producteurs en raison du prix incitatif de la noix de cajou sur le marché. Les producteurs de la Bénoué cherchent à maximiser leurs revenus en cultivant cette culture capable de générer des ressources financières importantes grâce à la rentabilité des noix et de la pomme (fruit) de cajou qui peuvent être commercialisés à l'état brut ou transformé en amande, chips ou arachide, en jus, vin, whisky et en confiture destinés à la commercialisation.

L'engouement des producteurs pour la culture d'anacardiens s'explique par le fait qu'en plus d'être résistante à la sécheresse, cette culture

apporte des revenus financiers substantiels aux paysans (Timate, 2023). Dans le département de la Bénoué les noix sont rachetées par les revendeurs et la SODECOTON pour la transformation ou l'exportation. L'extraction d'huile à base de graine d'anacarde se fait par les femmes qui la revende. La rentabilité est aussi perçue sur le long terme car certains producteurs considèrent la culture d'anacardier comme une culture d'avenir qu'ils pourront exploiter même quand ils seront fatigués d'où l'appellation de « culture de retraite » par certains producteurs.

4.1.2 Facteurs Socioculturels

Les qualités Organoleptiques, son utilisation culinaire et les bienfaits médicinaux de l'anacardier sont les facteurs qui ont motivé la plupart soit 56,95% des producteurs de la Bénoué à se lancer dans la culture d'anacardier. En effet, ils trouvent le goût de la noix de cajou particulièrement exquis, son fruit juteux et délicieux, est à la fois croquant, tendre et crémeux, avec sa légère saveur sucrée. Certains producteurs affirment associer le fruit d'anacardier pressé à la main à la boisson locale fermentée, faite à base du mil rouge, encore appelé « bili bili » destiné à la vente. Leurs clients apprécient particulièrement cette boisson car le fruit d'anacardier est bien juteux et donne un goût particulier à cette boisson locale ce qui attire davantage la clientèle.

Sa valorisation culinaire est un fait car les producteurs de la Bénoué affirment que la noix de cajou s'harmonise bien avec de nombreux mets locaux. Et grâce à ses propriétés médicinales elle est utilisée par les naturopathes dans le département de Bénoué pour traiter diverses maladies, notamment le paludisme, les calculs biliaires. Son écorce est aussi utilisée pour désinfecter les morsures de serpents, pour fabriquer des décoctions pour le traitement des maladies cardiovasculaires. Ses feuilles sont triturées et mélangées à d'autres plantes pour soigner le diabète et l'hypertension, elle est utilisée comme vermifuge pour éliminer les parasites intestinaux, elle a également des propriétés laxatives et contient de nombreuses vitamines.

4.1.2 Facteurs Socioculturels

L'anacardier contribue au renforcement de la fertilisation des sols grâce à ses feuilles et ses déchets organiques. 6,56% des producteurs du département de la Bénoué indiquent avoir adopté l'anacardier à cause de sa capacité à renforcer la fertilisation des sols et son utilisation comme ombrage en temps de chaleur. Renforcer la fertilité du sol c'est soutenir la croissance végétale et optimiser le rendement des cultures.

Les producteurs témoignent que les sols dans la partie septentrionale sont devenus très pauvres (lessivés) en raison de l'utilisation intensive des produits phytosanitaires de synthèse qui détruisent la flore végétale. Certains arbres forestiers à la vertu protectrice et fertilisante comme l'anacardier sont d'une importance capitale pour eux car permet de renforcer la fertilité du sol (flore végétale), autrement dit les plantes d'anacardiers solidifient le sol et permet de fixer le carbone. L'anacardier contribue de ce fait au renforcement de la fertilisation des sols grâce à ses feuilles et ses déchets organiques. Pour les producteurs, l'anacardier sert d'ombrage aussi bien près des habitations que dans les exploitations ce qui bénéficie à d'autres cultures et à l'écosystème car vu les variations climatiques et la température dans la partie septentrionale du Cameroun, plus précisément dans la région du Nord, l'anacardier joue un rôle important pour les paysans pendant la journée, ils s'abritent sous ces arbres prenant de l'air frais lors des réunions en groupe ou pour décortiquer les arachides car la température y est agréable.

4.2 Difficultés rencontrées par les producteurs d'anacardier dans le département de la Bénoué

Les producteurs d'anacarde du département de la Bénoué sont confrontés à plusieurs difficultés. Les difficultés majeures dont font face tous les producteurs du département de la Bénoué sont essentiellement les conflits agropastoraux avec les éleveurs, les difficultés d'accès à l'eau et le retard dans la fourniture des plants d'anacardier aux producteurs par les promoteurs.

L'adoption de l'anacardier entraîne des conflits agriculteurs-éleveurs et participe à l'exclusion des éleveurs (Konan et al., 2016). Les conflits agropastoraux sont causés par les dégâts d'animaux dans les parcelles agricoles. Ces conflits entre éleveurs et producteurs résultent principalement de la mauvaise conduite des éleveurs lors du pâturage et de l'abreuvement de leurs animaux. Pendant les saisons pluvieuses, la majorité des éleveurs sont à la quête du bon pâturage le plus souvent localisé dans les parcelles en jachères, lors des déplacements, les animaux détruisent les cultures causant d'énormes dégâts dans les champs des producteurs la plupart du temps sans clôture.

Les difficultés d'accès à l'eau par les producteurs du département de la Bénoué sont dues à la longue sécheresse qui réduit considérablement la disponibilité affectant l'irrigation des cultures. Les producteurs manquent d'eau pour arroser leurs plants, la distance et le manque de matériel (arrosoir, bidons, manque de puits d'eau à proximité, manque de moyen pour transporter de l'eau dans les parcelles agricoles...) ne facilite pas l'accessibilité à l'eau par les producteurs. Ce problème d'eau est l'une des causes de la transhumance qui engendre les conflits agro-pastoraux.

Les producteurs d'anacardier du département de la Bénoué font face à des retards dans la fourniture des plants d'anacardier. Ces retards sont parfois liés au manque de coordination entre les fournisseurs, la sécheresse qui affecte les plants et met en difficulté l'approvisionnement des fournisseurs en semence et plants. Ce retard compromet la saison de plantation, affecte la chaîne de valeur et fait perdre de l'argent aux producteurs.

Bien que la culture de l'anacardier ait été relancée grâce au projet cajou, il existe encore un manque d'unités de transformation pour les noix de cajou dans le département de la Bénoué. La transformation est faite de manière traditionnelle par certains producteurs et cela limite la valeur ajoutée et les opportunités de revenus pour ces derniers. Aussi, l'anacardier est sensible à certaines maladies (rouille et l'anthracnose) et ravageurs ce qui nécessite des mesures de prévention et de contrôle pour protéger les cultures, gérer les insectes et les oiseaux, les chenilles, les termites, les criquets, alors que la formation des producteurs n'est pas actualisée pour faire face à ces problèmes.

Le manque ou le faible financement des activités de l'exploitation, les difficultés d'accès aux crédits et aux intrants agricoles, l'enclavement des routes qui mènent dans les exploitations (qui engendre la perte de la cargaison des plants due aux distances des parcelles et l'état de la route), le mauvais choix de la parcelle, la pénibilité des travaux, la non maîtrise de la technique de production, les catastrophes naturelles (inondation, sécheresse, feu de brousse...), le vol des récoltes sont autant de difficultés dont les producteurs du département de la Bénoué font face.

Pour pallier ces problèmes, les producteurs du département de la Bénoué prennent des mesures spécifiques. Face au vol et la destruction de leurs parcelles par les animaux, les producteurs d'anacardier construisent les clôtures tout au long de leurs parcelles agricoles. Certains plantent les haies vives autour de leur plantation pour protéger les plantules. Face au retard dans la fourniture des plants certains producteurs créent eux-mêmes des petites pépinières chez eux pour pouvoir remplacer les plants séchés ou détruits par les animaux. Pour ces producteurs, plusieurs mesures doivent être prises pour venir à bout de certaines difficultés qu'ils rencontrent, notamment : une analyse approfondie de

la filière dans la localité pour mieux comprendre l'organisation et le fonctionnement de la chaîne de valeur ; anticiper sur les évolutions de la filière et surtout faciliter la structuration de la filière anacarde dans le département de la Bénoué ; faciliter un meilleur accès des producteurs aux formations et informations sur la pratique de l'anacardier et la gestion des risques et transformation ; enfin, mettre en œuvre la formation des pépiniéristes locaux pour une production des plants sur place dans le département de la Bénoué afin de rendre les plants accessibles aux producteurs.

4.3 Discussion

La forte représentation masculine au sein des producteurs de l'anacarde dans le département de la Bénoué et leur relative maturité sur le plan de l'âge pourrait démontrer un manque d'intérêt des jeunes pour les plantations à culture pérennes. La tranche d'âge majoritaire observée est proche de celle enregistrée par Lawal *et al.* (2010) qui ont montré que l'âge moyen des producteurs est de 56 ans aux Nigéria. La faible implication des femmes (6%) dans la culture d'anacardier, s'expliquerait par les règles traditionnelles et coutumières qui restreignent encore l'accès des femmes aux droits fonciers sur les terres.

Les résultats de l'étude ont montré que les producteurs d'anacarde sont confrontés à des véritables problèmes de conflits agropastoraux (agriculteur-éleveur). La saison sèche représente non seulement la période de récolte des noix mais également la période pendant laquelle il est difficile de trouver de l'herbe fraîche pour les animaux. C'est ainsi que les animaux divaguent partout dans les parcelles non clôturées. Ce résultat est conforme à celui de Tuo (2007) dans son étude sur « Analyse de la filière anacarde en Côte d'Ivoire : stratégies de développement et de lutte contre la pauvreté » qui estime que éleveurs libèrent leurs animaux consciemment par ce que ces animaux apprécient la pomme de cajou, très riche pour l'alimentation animale.

Conclusion

Dans le cadre de la relance de la filière cajou dans la partie septentrionale du Cameroun, la vulgarisation de la culture d'anacardier dans le département de la Bénoué implique la collaboration de plusieurs acteurs notamment la délégation départementale de l'agriculture, la SODECOTON, la GIZ et la commune. Les producteurs du département de la Bénoué ayant adopté l'anacardier sont en majorité des hommes scolarisés appartenant à une organisation paysanne, les facteurs les ayant motivés à adopter la culture d'anacardier sont d'ordre économique lié à la rentabilité de l'anacarde, d'ordre socioculturel liés aux qualités organoleptiques, culinaires et médicinales, d'ordre environnemental liés au renforcement de la fertilité du sol. Ces producteurs sont confrontés à plusieurs difficultés particulièrement les conflits agropastoraux, difficultés d'accès à l'eau, le retard dans la fourniture des plants d'anacardier aux producteurs par les promoteurs, manque de moyens financiers. La vulgarisation et l'adoption de la culture d'anacardier dans le département de la Bénoué participe à la transformation du paysage agricole étant donné que l'anacardier se positionne de plus en plus comme seconde culture de rente dans le département de Bénoué.

Références

- Camago (2020). Localisation du bassin de production au nord Cameroun. P.3
- Devèze, C. (2006). Le coton, moteur du développement et facteur de stabilité du Cameroun du nord : *Afrique Contemporaine*.
- Institut National de la Statistique (INS), (2016). *Chapitre 3 Caractéristiques de la population. Annuaire Statistiques du Cameroun*, édition 2016.
- Kombate, F. (2012). Attitude des paysans face à l'innovation liée à la pomme de cajou dans la région centrale du Togo (Master Professionnel, université de OUAGADOUGOU).
- Lamarche, H (2001). Y'a-t-il un modèle grec d'exploitations agricoles. P.75
- Ministère d'Agriculture et du Développement Rural (2016). *Contribution du Programme National au Développement du secteur agricole*.
- Ministère d'Agriculture et du Développement Rural (MINADER) (2020). Rapport d'état d'avancement de la filière cajou au Cameroun. P.10
- Ministère d'Agriculture et du Développement Rural, (2018). Filière coton : deux nouveaux projets pour booster la productivité.
- Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MINADER), (2016). Contribution de l'agriculture dans le secteur Rural.
- Société de Développement du Coton du Cameroun (2018). *Rapport de l'atelier sur la filière anacarde*. P.10.
- Société de Développement du Coton du Cameroun (2021). *Rapport Annuel Anacardier*. P.4-5.
- Tebonou, G (2014). Diagnostic de la filière Anacarde au Togo : contraintes, Atouts et Impacts socio-Economiques sur les planteurs de la région centrale. Rev.Universitaire Sociologie, 7. P.19.
- Timite, N. (2023). Quand l'anacarde devient une menace pour la préservation du néré et du karité dans l'extrême Nord de la Côte d'Ivoire. Thèse en Écologie Végétale. Université Jean Lorougnon. Guédé, UFR Environnement, BP 150 Daloa (Côte d'Ivoire), Note scientifique, 13 novembre 2023
- Koffi, Y S. et Oura, K R. (2019). Les facteurs de l'adoption de l'anacarde dans le bassin cotonnier de Côte d'Ivoire. Cah. Agric. 2019, 28, 24. Published by EDP Sciences 2019. <https://doi.org/10.1051/cagri/2019025>
- Kouadio, R. et Yao, K. (2019). Les facteurs de l'adoption de l'anacarde dans le bassin cotonnier de Côte d'Ivoire. Cahiers Agricultures 28: 24.
- Konan KH, Diomandé G, Kra KJ. (2016) Culture d'anacarde et nouveau jeu des acteurs du conflit agriculteurs-eleveurs dans la sous-préfecture de Sohoun au Nord de la cote d'ivoire. Journal of Humanities and Social Sciences (IOSR-JHSS) 21(11) :24-32

ÉTAT DE SANTÉ DES ANACARDIERS AU NIGÉRIA : ENQUÊTE SUR LES MALADIES ET LES ESPÈCES D'INSECTES

¹Adeniyi D O-²Adebola P O-³Asogwa E U-⁴Adejir A O-¹Onifade E O-⁴Olorunfemi G T B et ⁴Adedoyin A O

¹Section de lutte contre les pathologies végétales Institut nigérian de recherche sur le cacao PMB ⁵²⁴⁴ Ibadan Nigéria

²Division de l'amélioration des cultures Institut nigérian de recherche sur le cacao PMB ⁵²⁴⁴ Ibadan Nigéria

³Section chargée de l'entomologie Institut nigérian de recherche sur le cacao PMB ⁵²⁴⁴ Ibadan Nigéria

⁴Cultivating New Frontiers in Agriculture ¹⁴ Station Road GRA Ilorin Nigéria

Auteur correspondant : modeleadeniyi@gmail.com

Résumé

Un projet de la sous-région ouest-africaine visant à cartographier la santé des plantations d'anacardiers a été mené au Nigéria entre novembre 2023 et avril 2024. Les activités de ce projet ont ciblé l'inventaire des maladies et des espèces d'insectes qui affectent les anacardiers à différents stades phénologiques. L'activité de cartographie de la santé a été menée dans quatre grands États producteurs de cajou au Nigéria, à savoir les États d'Oyo (Sud-Ouest), de Kwara, de Kogi (Centre-Nord) et d'Enugu (Sud-Est). Les données sur le terrain ont été collectées dans des plantations sélectionnées en fonction des symptômes des maladies et des dégâts causés par les insectes sur différentes parties de l'anacardier. Les maladies identifiées intègrent le flétrissement, la rouille des feuilles, les taches foliaires bactériennes, l'anthracnose, la bactériose et le mildiou. Des cas suspects d'oïdium ont également été détectés. Au nombre des espèces d'insectes identifiées figurent la mineuse des feuilles (*Eteoryctis gemoniella*), le moustique de cajou (*Helopeltis spp.*), *Helopeltis schoutedeni*, les termites (*Nasutitermes spp.*), *Anoplocnemis curvipes*, *Analeptes trifasciata*, *Dysdercus sp.* et le foreur des tiges (*Apate terebrans*). Toutefois, des abeilles, des araignées, des fourmis rouges (*Oecophylla longinoda*) et des fourmis noires ont été identifiées comme étant des insectes bénéfiques dans les plantations. L'état de santé des plantations d'anacardiers au Nigéria varie d'un État à un autre.

Mots clés : cajou, pré-floraison, post-floraison, fructification, maladies, espèces d'insectes.

Introduction

Le cajou est un produit de base qui fait l'objet d'un commerce international et dont la valeur représente d'énormes revenus en devises pour les pays producteurs. En dépit de son importance sur le plan économique, le cajou est confronté à certains défis qui, au fil des ans, ont mis à mal la productivité ou compromis le rendement et la qualité de cette culture. On observe une tendance à la baisse de la productivité et de la qualité des noix de cajou brutes dans les écosystèmes de culture du Nigéria, en raison des complexités de la sécheresse prolongée, des fluctuations de température, du temps brumeux résultant des facteurs liés au changement climatique. Ces facteurs ont joué un rôle prépondérant récemment, entraînant la résurgence et l'émergence d'espèces d'insectes et de pathogènes.

En Afrique de l'Ouest, on accorde la préférence à la noix de cajou, mais on néglige souvent la pomme, qui constitue une importante source de revenus (Vayssieres et al., 2019). Il est établi que plus de la moitié des cultures fruitières sont perdues chaque année à cause des nuisibles (Vayssieres et al., 2019). Les dommages causés par différentes espèces d'insectes et de pathogènes sur le cajou en même temps constituent une situation complexe qui pose des défis de taille à la filière, en affectant la qualité et la quantité des noix de cajou. L'organe végétatif et les fruits des anacardiers sont gravement touchés par de nombreuses espèces d'insectes (Dwomoh et al., 2009 ; Agbeton et al., 2014 ; Anato et al., 2015). Les Nuisibles de type Hémiptère appartenant aux familles des Miridae créent des dommages au niveau des pousses annuelles, les Coreidae-Alydidae endommagent les noix et les pommes, les Bostrichidae affectent les branches et le tronc et les Thripidae et Gracillariidae abîment les feuilles, entraînant ainsi des pertes de noix de cajou chaque année et une réduction de la productivité attendue des exploitants.

Par ailleurs, cette situation complexe fait référence à l'apparition simultanée ou séquentielle de plusieurs espèces d'insectes et d'agents pathogènes, mettant ainsi à mal les stratégies de lutte contre les nuisibles. Les facteurs contribuant à cette complexité incluent l'enchevêtrement des canopées, la mauvaise gestion des plantations, l'humidité élevée et le piètre drainage du sol qui favorisent la croissance de multiples pathogènes, rendant ainsi difficile la lutte contre une maladie sans en exacerber une autre par inadvertance (Onifade et Olorunfemi, 1998 ; Adeigbe et al., 2015). En outre, la rareté des variétés de cajou résistantes aux principales maladies (Adeniyi et Olufolaji, 2006) et le manque de savoir-faire technique en matière de pratiques agronomiques appropriées susceptibles d'atténuer la propagation des maladies (Baba et Eka, 2014) contribuent également à cette situation complexe. Il existe de rares cas de mesures de lutte contre les nuisibles mises en œuvre par les producteurs de cajou au cours de la production au Nigéria. En outre, les problèmes liés au changement climatique et la résurgence des nuisibles et des maladies exigent des mesures drastiques pour sauver la culture. La compréhension de l'impact des nuisibles sur la productivité et la qualité de cajou est primordiale pour une culture durable au Nigéria.

Cette étude a permis donc d'examiner l'état de santé des plantations d'anacardiers, d'évaluer la répartition des nuisibles et des maladies et de fournir des informations de base sur la dynamique des nuisibles de l'anacardier au Nigéria.

Matériaux et Méthodes

L'enquête sur les maladies et les insectes nuisibles dans le cadre de la mise à jour de la santé de l'anacardier a été menée dans quatre principaux États producteurs de cajou au Nigéria. Les États sélectionnés dans le cadre de l'étude ont été identifiés comme ayant un volume élevé de production de noix brutes au Nigéria et sont répartis dans le Centre-Nord (États de Kogi et de Kwara), le Sud-Est (État d'Enugu) et le

Sud-Ouest (État d'Oyo). Les principales communautés productrices de cajou dans les États de Kogi, de Kwara, d'Enugu et d'Oyo ont été identifiées et cinq plantations situées dans des zones peu étendues ont été sélectionnées de manière aléatoire et soumises à une enquête avec le consentement des producteurs. L'étude a porté sur un total de vingt plantations évaluées dans le cadre de la mise à jour de l'étude sur la santé des anacardiers. Les sites de production de cajou retenus et soumis à l'étude sont présentés dans la Figure 1, avec leurs coordonnées géographiques. Les anacardiers ont fait l'objet d'observation et d'évaluation par le biais de l'analyse des symptômes et de la manifestation des maladies ainsi que des dommages causés par les insectes nuisibles sur les feuilles, les fleurs, les rameaux, les pommes, les noix et le tronc des anacardiers. Ces évaluations ont été effectuées aux stades de pré-floraison, de floraison/fructification et de post-fructification de l'anacardier. Un hectare d'anacardiers a été cartographié dans chaque plantation, dix anacardiers ont été sélectionnés de manière aléatoire par un mouvement en zigzag à travers les plantations et les spécimens sélectionnés ont été étiquetés. L'observation, l'évaluation et l'inspection physiques des plantations et des anacardiers en vue de détecter les dommages causés par les nuisibles et les incidences des maladies ont été effectuées sur les anacardiers étiquetés. Un quadrant d'un mètre carré a été utilisé et l'évaluation des nuisibles a été effectuée sur les rameaux, les feuilles, les pommes et les noix de cajou à l'intérieur du quadrant et les nuisibles ont été identifiés en fonction de la partie du cajou affectée. Le quadrant a été placé en l'accrochant aux rameaux périphériques des anacardiers étiquetés, un à la fois, et en faisant tourner le quadrant des côtés Est et Ouest de l'anacardier.

Résultats

Les enregistrements des manifestations de la maladie et des espèces d'insectes identifiées sur les anacardiers et leurs parties dans les plantations et les sites étudiés ont été répertoriés dans les Figures 2a et 2b.

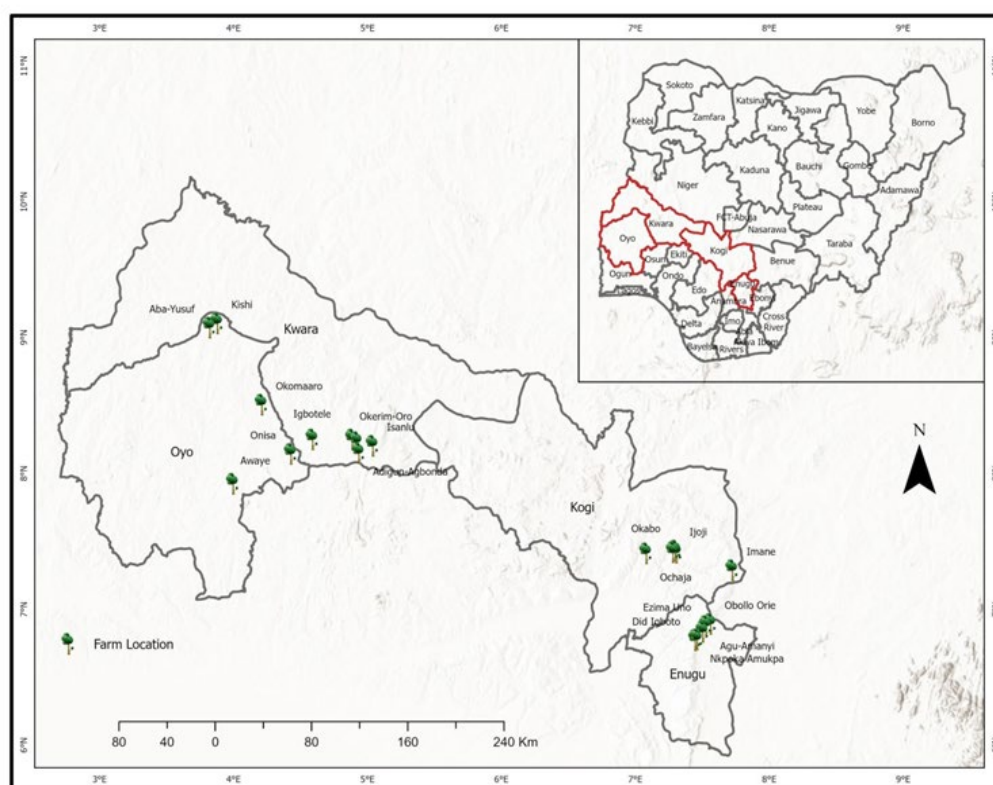


Figure 1 : Carte du Nigeria montrant les États soumis à l'étude sur la santé du cajou et les sites d'exploitation.

Les résultats de l'enquête sur le terrain ont montré l'incidence de seize manifestations de maladies sur les diverses parties du cajou évaluées. Ces maladies identifiées intègrent l'anthracnose, la tache des feuilles, la chlorose, le flétrissement, la rouille et un cas suspect d'oïdium. On a observé des différents niveaux de gravité des panicules et des brûlures des noix dans la plupart des plantations (Figure 1b). Il ressort de l'étude que les maladies qui affectent les anacardiers varient d'une exploitation à une autre.

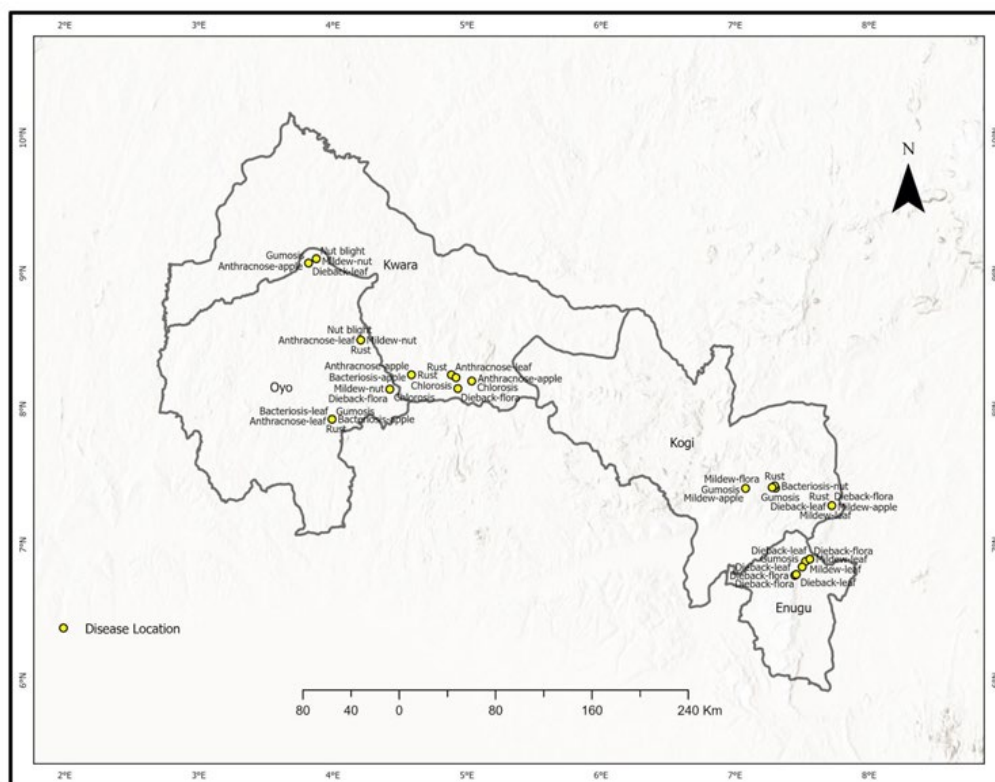


Figure 2a : Carte des États visés par l'étude montrant la propagation des maladies dans les plantations soumises à l'étude

Au total, quatorze insectes nuisibles ont été identifiés lors de l'enquête sur le terrain. La Figure 1c indique le groupe de répartition des espèces d'insectes sur les sites agricoles sélectionnés dans le cadre de l'étude. Les insectes nuisibles communément découverts dans la plupart des plantations sont les chenilles, les sauterelles, *Helopeltis shoutedeni*, *Eteoryctis gemoniella* et les termites. On a découvert d'autres insectes nuisibles, tels que les *Anoplocnemis curvipes* et les *Analeptes trifasciata*. Des araignées et quelques espèces de papillons ont également été découvertes dans les plantations. D'autres insectes bénéfiques, tels que les abeilles et les fourmis s'y trouvaient.

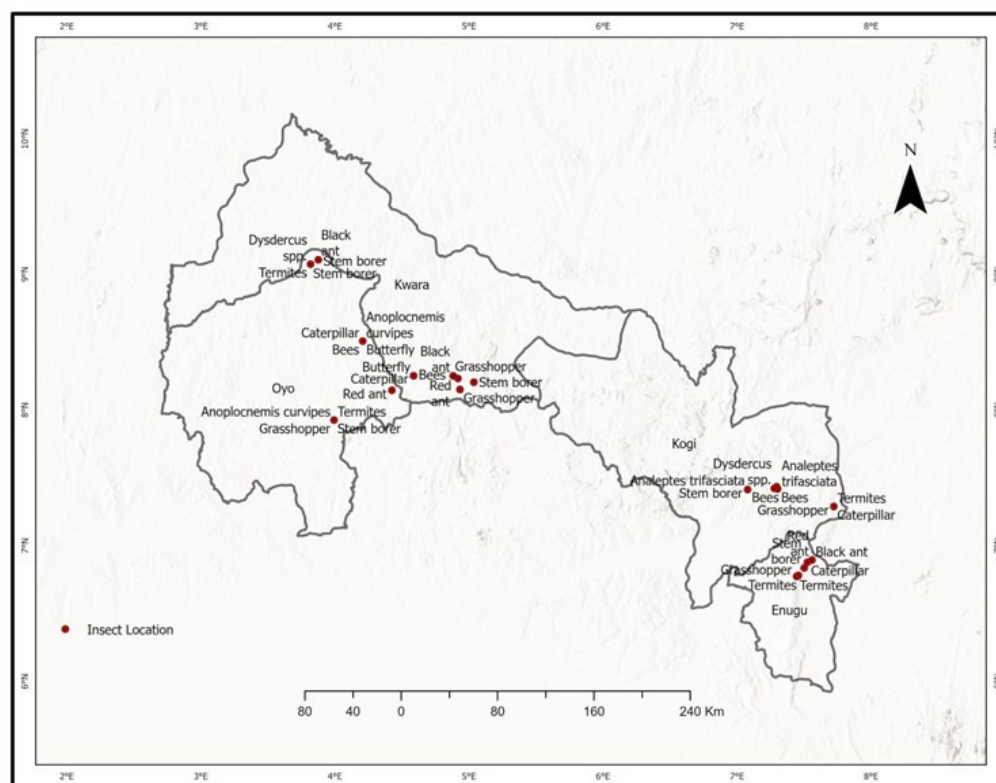


Figure 2b : Carte des États couverts par l'étude montrant la répartition des espèces d'insectes dans les plantations soumises à l'étude.



Figure 3 : Manifestation de l'anthracnose sur les feuilles de l'anacardier



Figure 5 : Manifestation de la chlorose sur les feuilles de l'anacardier



Figure 4 : Manifestation des taches foliaires bactériennes



Figure 6 : Manifestation de la rouille sur les feuilles de l'anacardier



Figure 7 : Infection fraîche suspectée d'oidium sur les feuilles (A) et la fleur (B)



Figure 8 : Oidium précoce suspecté sur les feuilles



Figure 9 : Situation de flétrissement sur les fleurs (A) et les rameaux (B) de l'anacardier.



Figure 10 : Situation d'oidium suspectée sur les pommes



Figure 11 : Anthracnose sur la pomme de cajou



Figure 12 : Manifestation de la bactériose sur les pomes de cajou



Figure 13 : Oïdium suspecté sur les jeunes noix



Figure 14 : Rouille sur les noix de cajou

Les incidences de la gommoses assortie d'une exsudation de gomme sur les branches et le tronc des anacardiers ont été localisées dans les sites faisant l'objet de l'étude, des trous ont été observés sur les parties affectées et une exsudation de gomme a été enregistrée sur les anacardiers (Figure 15)



Figure 15 : Exsudation de gomme sur les anacardiers infectés

L'étude a permis de recenser treize espèces d'insectes tant nuisibles que bénéfiques dans les plantations visées par l'enquête. On a constaté la présence d'*Analeptes trifasciata* (Figure 16) dans les plantations en raison des dommages causés par le sciage sur les branches et le tronc de l'anacardier ; il s'agissait également d'insectes vivants qui avaient l'apparence type de paires et dont le corps était de couleur noire et rose. L'infestation due à l'*Apate terebrans*, communément appelée foreur des tiges (Figure 17), a également été observée. Le foreur des tiges n'était pas commun dans de nombreuses plantations, mais localisé dans des plantations particulières.



Figure 16 : *Analeptes trifasciata* et dommages causés à l'anacardier



L'infestation des feuilles, des rameaux et des pommes de cajou par l'*Helopeltis* spp. a été identifiée par les dégâts qu'elle a causés. Les feuilles affectées présentaient des courbures, des plis et des rides, tandis que les rameaux infestés prennent un aspect flétri, une coloration brune et se flétrissent (Figures 18 et 19). Cependant, *H. schoutedeni* endommage les pommes en perçant à la fois les jeunes pommes vertes et les pommes arrivées à maturité. On a découvert quelques insectes vivants (Figure 20). 15).

Figure 17 : Flux d'exsudat provenant des trous (A) et des trous créés par les foreurs des tiges (B)



Figure 18 : Feuilles de cajou flétries et plissées dues à l'*Helopeltis* spp.



Figure 19 : Feuilles de cajou enroulées (A) et flétrissement des rameaux (B) par l'*Helopeltis* spp.



Figure 20 : Déformation des pommes causée par le *Pseudotheraptus devastans* (A) et l'*Helopeltis schoutedeni* (B)

L'incidence de la mineuse sur les feuilles de cajou a été observée dans de nombreuses plantations dans les zones visées par l'étude et elle est commune à toutes les écologies de culture du cajou, à quelques rares exceptions près. L'infestation par *E. gemoniella* a été identifiée par les taches brunes et coriaces sur les feuilles qui entraînent des perforations à un stade avancé (Figure 21).



Figure 21 : Mineuse des feuilles sur les feuilles de l'anacardier causée par l'*Eteoryctis gemoniella*

L'infestation des plantations de cajou par les termites (*Nasutitermes* spp.) était fréquente dans bon nombre de plantations. Les termites ont été identifiés par la présence de pistes de termites sur les troncs, les branches d'anacardiens. On a également découvert des termitières dans les plantations (Figure 23).



Figure 22 : *Dysdercus* sp. sur les feuilles de cajou



Figure 23 : Infestation due aux termites sur un anacardier (A) et termitière dans une plantation (B)

La Figure 24 montre la présence de chenilles et de vers sur les feuilles de cajou, mais également dans les plantations affectées.



Figure 24 : Perforation et destruction des feuilles par les chenilles

La Figure 25 montre la présence de sauterelles adultes et les dommages causés aux feuilles de l'anacardier. Elles perforent les feuilles, entraînant ainsi une défoliation et une réduction du potentiel photosynthétique de l'anacardier. Elles se nourrissent également de jeunes pommes vertes et de pommes arrivées à maturité en grattant la surface, réduisant de ce fait leur valeur économique (Figure 26).



Figure 25 : Perforation de feuilles de l'anacardier par la sauterelle



Figure 26 : Sauterelles et dégâts causés sur les pommes

L'*Anoplocnemis curvipes* a été intercepté sur une grappe de cajou et identifié par l'effet des dégâts sur la noix suspendue dans la Figure 27. L'insecte perce la jeune et succulente noix de cajou verte, créant ainsi une tache de couleur brune foncée sur la noix. Ces dégâts peuvent également engendrer des taches sur l'amande de cajou, réduisant de ce fait sa valeur marchande.



Figure 27 : Dommages causés par l'*Anoplocnemis curvipes* sur une jeune noix



La Figure 28 montre les collections d'espèces d'insectes découverts dans une plantation particulière au cours de l'étude sur la santé de l'anacardier. La présence de ces espèces varie d'une exploitation à une autre et les parties de l'anacardier qui abritent les espèces d'insectes diffèrent également.

Figure 28 : Collection d'insectes : *Dysdercus* spp. (A), Araignée (B), Sauterelle (C), Nid de fourmis noires (D)

Certaines espèces d'insectes bénéfiques ont été recensées dans les plantations. Il s'agit notamment de fourmis rouges (*Oecophylla longinoda*), de papillons et d'abeilles (Figures 29 et 30).

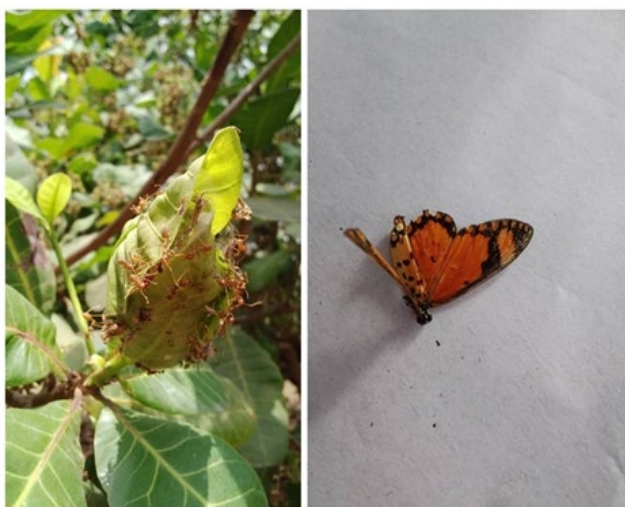


Figure 29 : Insecte bénéfique *Oecophylla longinoda* et papillon sur des échantillons prélevés dans une plantation de cajou



Figure 30 : Fourmis tisserandes rouges et abeilles bénéfiques sur les noix de cajou

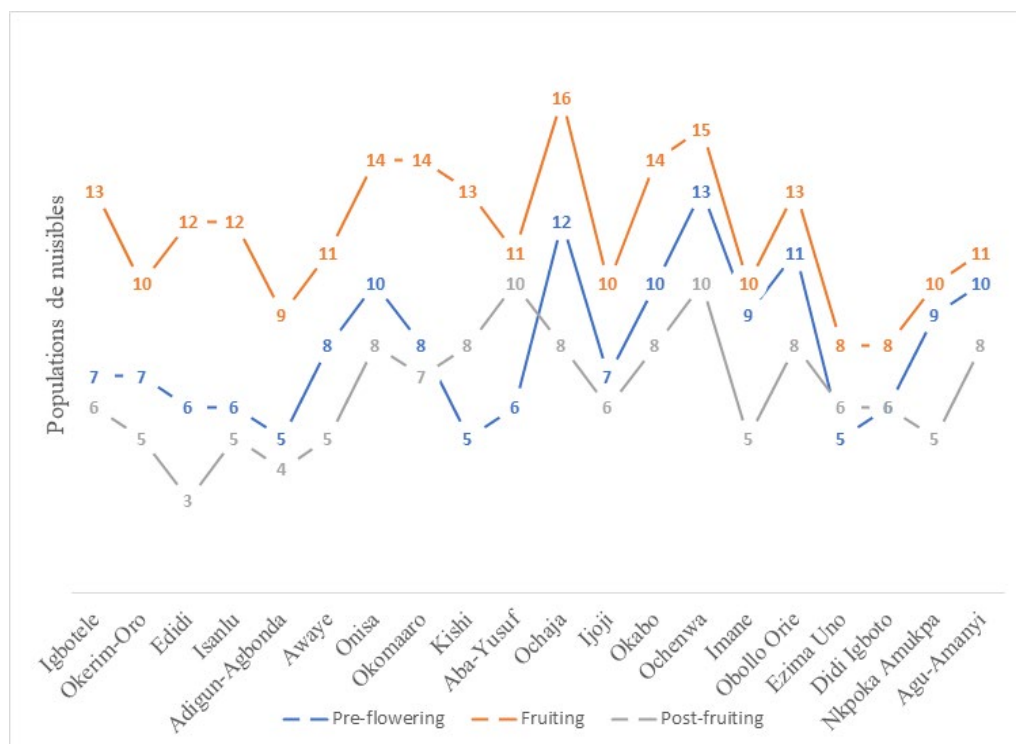
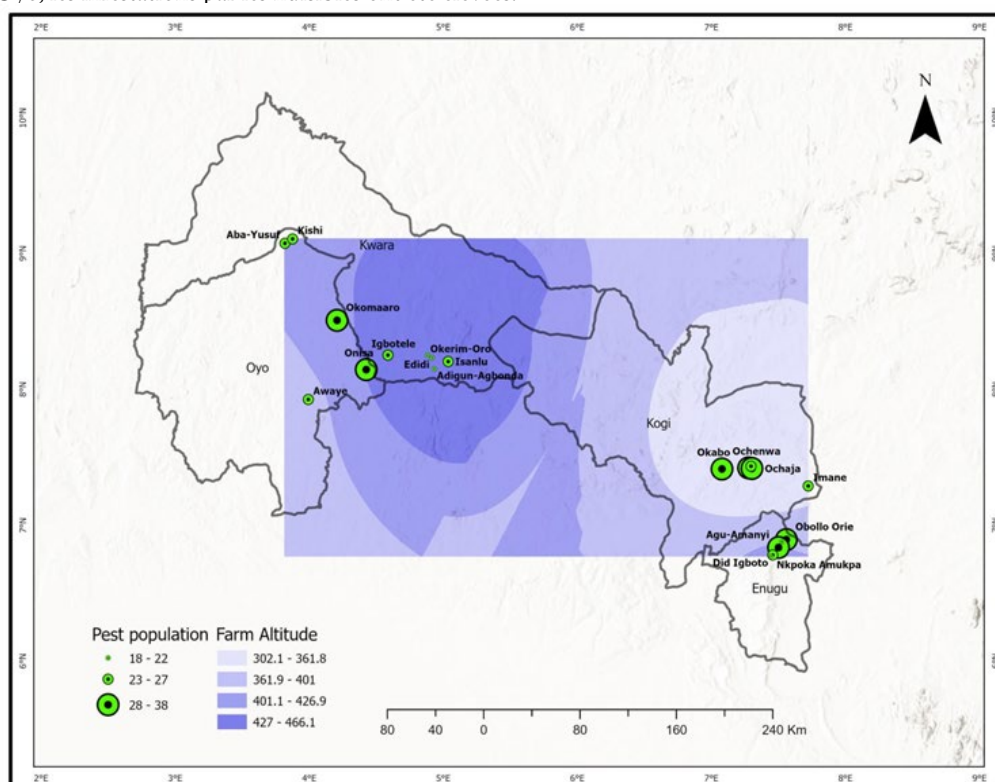


Figure 31 : Population et répartition des nuisibles dans les plantations visées par l'étude

La Figure 31 montre la répartition des insectes et des maladies dans les plantations de cajou sur les sites couverts par l'étude, en fonction des stades phénologiques de l'évaluation. La présence de nuisibles n'était pas uniformément répartie dans les plantations et variait en fonction du stade phénologique de croissance. Ochenwa et Ochaja, toutes deux situées dans l'État de Kogi, présentaient un nombre élevé de populations de nuisibles aux stades de pré-floraison et de fructification. Cette tendance était commune à d'autres sites de production aux stades de pré-floraison et de fructification à Kogi, et à Onisa dans l'État d'Oyo ainsi qu'à Agu-Amanyi dans l'État d'Enugu. Les plantations de cajou au niveau d'Adigun-Agbonda (Kwara), de Kishi (Oyo) et d'Ezima Uno (Enugu) ont enregistré le plus petit nombre de nuisibles interceptés au stade de pré-floraison, tandis que les stades de fructification ont enregistré la plus faible population de nuisibles dans les plantations d'Ezima Uno et de Didi Igboto, mais suivies de près par la plantation d'Adigun-Agbonda (Figure 30). Toutes les plantations soumises à l'enquête ont enregistré une infestation d'insectes et de maladies plus importante au stade de la fructification qu'au stade de la préfloraison, à l'exception des plantations de cajou au niveau de Kishi et d'Ezima Uno qui ont enregistré plus de nuisibles au stade de la post-fructification qu'à celui de la préfloraison. La Figure 32 montre que l'incidence des maladies et des infestations d'insectes est faible dans les plantations situées sur des reliefs élevés, comme c'est le cas à Edidi, Okerimi et Adigun-Agbonda. Les infestations modérées étaient communes aux différentes altitudes des plantations dans les sites couverts par l'étude, mais les infestations élevées par les nuisibles étaient communes dans les plantations à faible altitude telles que Ochaja, Ochenwa, Okabo, Obollo Ori, Agu-Amanyi, mais dans quelques plantations dans la haute altitude au niveau de la frontière de Kwara et d'Oyo, les infestations par les nuisibles ont été élevées.



Discussions

Les maladies et les espèces d'insectes ont affecté les anacardiers à différents stades phénologiques dans les plantations visées par l'étude. Les principales maladies sont l'anthracnose (feuille, pomme), la bactériose (feuille, pomme), la brûlure des inflorescences et le flétrissement des rameaux dans l'ensemble des zones soumises à l'étude. Cette variation était également similaire selon l'écologie et les plantations. La bactériose et l'anthracnose sur les feuilles et de rares cas similaires sur les pommes ont été trouvés récurrents dans de nombreuses plantations par rapport à d'autres manifestations, cependant l'occurrence de la bactériose dans les plantations était plus prédominante. Une tendance similaire a été observée pour le flétrissement de la flore et la chlorose dans les plantations, mais cette dernière était souvent localisée. Le flétrissement, la rouille, les cas suspects d'oïdium et de gommose étaient répartis de manière variée dans les plantations visées par l'étude. La résurgence de la maladie décrivant la présence d'un champignon contraignant à l'origine de la maladie de l'oïdium sur les feuilles des anacardiers, les panicules de la flore et les pommes a également été trouvée commune à de nombreuses plantations et constitue un risque majeur de baisse dévastatrice de la productivité, comme cela a été signalé dans les pays où l'incidence est la plus élevée.

Les maladies ont causé des dommages considérables au cajou, affectant à la fois le rendement et la qualité des noix brutes. La propagation de l'anthracnose causée par le *Colletotrichum gloeosporioides*, à travers les écologies de culture du cajou affectant les feuilles, les pommes, la formation des noix et conduisant à des pertes de rendement significatives comme signalé par Adeigbe *et al.*, (2015) ; Adeniyi, (2012). Baba et Eka, (2014) ; Adeniyi & Olufolaji, (2006) ont déclaré que la maladie de l'oïdium causée par l'*Oidium anacardiae* était caractérisée par une croissance poudreuse blanche sur les feuilles et les fleurs. Cette maladie est répandue dans les régions humides et semi-humides du Nigéria, notamment dans les États de Kogi et d'Oyo. Ce rapport est conforme à la présente étude qui a enregistré une présence significative de l'oïdium dans les plantations de cajou des États de Kogi et d'Oyo. L'effet de l'anthracnose et de l'oïdium inclut la réduction de la fonction photosynthétique des feuilles, affectant le développement des fleurs et des noix, ce qui entraîne une baisse des rendements. Les infections peuvent entraîner une décoloration et des déformations des noix, rendant ainsi celles-ci moins commercialisables et ayant un impact direct sur leur valeur économique (Adeniyi, 2012). Des découvertes antérieures ont également fait état de la pourriture des fruits (*C. gloeosporioides*) et de la gommose des fruits et du tronc respectivement causées par le *Lasiodiplodia theobromae* (Cardosa *et al.*, 2004 ; Cysne *et al.*, 2010 ; Oduwole *et al.*, 2001). En outre, des maladies telles que la brûlure helminthosporienne et des noix, la rouille et les taches foliaires bactériennes ont été signalées par Majune *et al.*, (2018). Des maladies comme le flétrissement et la pourriture des racines entraînent également la perte totale des anacardiers, ce qui a des implications économiques à long terme en raison du temps nécessaire pour rétablir les vergers (Adeigbe *et al.*, 2015).

La présence des espèces d'insectes : *E. gemoniella*, *Helopeltis spp*, termites, *A. curvipes*, sauterelle, *A. trifasciata*, foreur des tiges, confirme les rapports antérieurs d'Adewale *et al.*, (2013) et Adeigbe *et al.*, (2015) qui ont mis en évidence les principaux nuisibles dans les plantations d'anacardiers. Des insectes bénéfiques tels que les abeilles, les araignées, les fourmis rouges, les papillons et les fourmis noires ont également été identifiés dans cette étude. Les effets dévastateurs évidents et les dommages causés par le cérambycidé *A. trifasciata* sur les tiges et les branches, avec ses activités d'annélation, ont été mis en évidence dans les plantations. Ce phénomène a entraîné des pertes de rendement en détruisant les branches portant des panicules de fleurs, des noix et des pommes. Toutefois, cette situation n'a pas été observée dans toutes les plantations, mais seulement dans certaines zones. L'*Apate terebrans*, également appelé foreur noir ou foreur du tronc/foreur des tiges, a été signalé comme étant une contrainte biotique grave pour les bonnes perspectives de production de cajou. Il est classé comme un important buprestidé qui infeste les anacardiers au Nigéria, au Bénin (Agboton *et al.*, 2014) et de même dans de nombreux pays producteurs de cajou en Afrique de l'Ouest (Dwomoh *et al.*, 2008 ; Wagners *et al.*, 2008 ; Vasconcelos *et al.*, 2014). Le foreur des tiges est originaire d'Afrique et de Madagascar, mais il s'est largement répandu dans la péninsule arabique, en Amérique centrale et en Amérique du Sud, et il est désormais signalé en Autriche, en Géorgie, en Espagne et au Royaume-Uni sur le continent européen (Agboton *et al.*, 2019). Comme dans le cas observé sur les anacardiers dans la zone visée par l'étude, l'insecte *A. terebrans* adulte attaque le tronc et les branches des anacardiers en forant des trous ; tandis que les larves se développent à l'intérieur des arbres abattus et moribonds (Agbeton *et al.*, 2017) et la même situation a été observée dans cette étude où les foreurs des tiges attaquent les anacardiers vivants indépendamment de leur état physiologique, qu'ils soient en bonne santé ou non (Agbeton *et al.*, 2019)). Les foreurs des tiges ont également une préférence pour les nouveaux anacardiers plutôt que pour les anacardiers déjà infestés dont le potentiel nutritif a été quelque peu épuisé. Les dommages causés aux tissus du bois accroissent le risque de rupture des tiges, des branches et même des anacardiers pendant la saison des tempêtes.

Le recours aux fourmis rouges en tant qu'agents naturels de lutte dans le cadre de la protection des anacardiers a été démontré en Australie (Peng *et al.*, 1997), au Vietnam (Peng *et al.*, 2014) et récemment dans de nombreux pays d'Afrique, comme cela a été signalé dans le cadre de la lutte contre la mouche des fruits en Afrique de l'Ouest (Vayssieres *et al.*, 2016). Les fourmis rouges constituent un prédateur dominant qui se nourrit d'insectes, en particulier de nuisibles aux cultures, tels que la punaise du cajou. Elles sont fréquentes dans les régions à fortes précipitations et à végétation vivace luxuriante. La colonie de fourmis rouges interagit et collabore en permanence sur son propre territoire au moyen de différents types de phéromones. Ces fourmis vivent en société dans des nids de feuilles tissés à l'aide de leurs larves et chassent d'autres invertébrés sur plusieurs centaines de mètres carrés (Vayssieres *et al.*, 2017). Les fourmis rouges luttent contre les espèces ci-après : *A. curvipes*, *H. schoutedeni*, *Psuedotheraptus devastans*, *P. wayi*, *Tupalus fasciatus*, *Mirperus jaculus* (Dwomoh *et al.*, 2008 ; Aidon, 2009 ; Oluthu *et al.*, 2013 ; Abdullah *et al.*, 2016 ; Anano *et al.*, 2015). La présence d'espèces d'insectes bénéfiques est indispensable à la lutte naturelle contre les nuisibles et au maintien de l'équilibre écologique au sein des plantations (Waliyar *et al.*, 2006).

Conclusion

Les plantations de cajou sont confrontées à divers défis, au nombre desquels figurent les infestations d'insectes et les maladies, qui représentent les principaux facteurs affectant la productivité et la qualité des cultures. Toutefois, l'impact global des nuisibles n'est actuellement atténué que par des facteurs écologiques et la réponse physiologique de l'anacardier. Cette étude fournit également des informations précieuses sur l'état de santé actuel des plantations de cajou et un guide pour les futures stratégies de recherche visant à améliorer la productivité et la qualité du cajou. Le renforcement de la biodiversité dans les plantations d'anacardiers et l'adoption de meilleures pratiques agronomiques pourraient encore permettre d'améliorer la santé, la productivité et la qualité du cajou. Il convient de mener des recherches sur des techniques de gestion biologiques, écologiques et résilientes au climat, afin de lutter contre les nuisibles qui s'attaquent au cajou.

Remerciements

Cette étude a bénéficié du soutien et du financement du projet PRO-Cashew de Cultivating New Frontiers in Agriculture (CNFA), un projet financé par le ministère de l'Agriculture des États-Unis (USDA). Les auteurs remercient Segun Adeyemi et Julius Oladipo pour leur aide initiale concernant l'entrée dans la communauté et la collecte de données sur le terrain. Ils transmettent également leur remerciement à Segun Afolayan, à Christianah Onifade, à Temitope Adeyemi, à Monday Elugbe, à Sunday Wada et à Ibrahim Noah pour leur assistance technique lors de la collecte des données sur le terrain.

Références

- Abdullah, N.R. *et al.*, (2016). Potential of *Oecophylla longinoda* Latreille (Hymenoptera: Formicidae) in managing major insect pests in organic cashew production systems. *Organic Agriculture*, 7, 95-104.)
- Adeigbe, O. O., Adewale, B. D., Asaolu, O. F., & Akinwale, A. O. (2015). Cashew (*Anacardium occidentale* L.) production and trade in Nigeria: Constraints and prospects. *African Journal of Agricultural Research*, 10(24), 2270-2278.
- Adeigbe, O. O., Olasupo, F. O., Adewale, B. D., & Muiyiwa, A. A. (2015). "A review on cashew research and production in Nigeria in the last four decades." *Scientific Research and Essays*, 10(5), 196-209.
- Adeniyi, D. O. (2012). Epidemiology of cashew anthracnose in Nigeria. *Journal of Plant Protection Research*, 52(3), 403-408.
- Adeniyi, D. O., & Olufolaji, D. B. (2006). Distribution and impact of powdery mildew (*Oidium anacardii*) on cashew in Nigeria. *Moor Journal of Agricultural Research*, 7(2), 137-143.
- Adewale, B., Dumet, D. J., Vroh-Bi, I., Kehinde, O. B., Ojo, D. K., Adegbite, A. E., & Franco, J. (2013). "Cashew production in Nigeria: Constraints and opportunities." *Journal of Agricultural Science*, 5(9), 182-191.
- Agbeton, C., Onzo, A., Bokonon-Ganta, A.H., Tamo, M. et Vidal, S. (2019). Breakthrough in the bio-ecology of the cashew wood borer *Apante terebrans* Pallas (Coleoptera: Bostrichidae), in Northern Benin. *Colloque International d'Echanges Scientifiques sur l'Anacarde*. 114 – 125pp.
- Agbeton, C., Onzo, A., Bokonon-Ganta, A.H., Tamo, M. et Vidal, S. (2017). Spatial and temporal infestation rates of *Apante terebrans* (Coleoptera: Bostrichidae), in cashew orchards in Benin, *West Africa. Africa Entomology*, 25(1), 24-36.
- Agbeton, C., Onzo, A., Bokonon-Ganta, A.H., Tamo, M. et Vidal, S. (2014). Insect fauna associated with *Anacardium occidentale* (Sapinales: Anacardiaceae) in Benin West Africa. *Journal of Insect Science*, 14(229), DOI: 10.1093/jisea/ieu091.
- Aidoo, K. S. (2009). Boosting cashew production in Ghana. *Bees for Development – Information Portal Article*. <http://www.beesfordevelopment.org/portal/print.php?id=1819> [18-02-2013 15:2019].
- Anato, F. *et al.*, (2015). Reducing losses inflicted by insect pests on cashew, using weaver ants as efficient biological control agent. *Agricultural and Forest Entomology*, 17, 285-291.
- Baba, S. S. and Eka, O. N. (2014). Prevalence of fungal diseases on cashew (*Anacardium occidentale* L.) in Nigeria. *Journal of Plant Pathology*, 96(1), 145-153.
- Cardosa, J.C., Souza, P.P., & Lima, M.E. (2004). Major diseases affecting cashew worldwide. *Plant Disease Journal*, 8(2), 34-41.
- Cysne, J.Q., Moura, F.J., & Almeida, C.S. (2010). Anthracnose and other major cashew diseases: A global overview. *Global Plant Health Journal*, 5(3), 67-74.
- Dwomoh, E.A., Ackonor, J.B. et Afun, J.V.K. (2009). Investigation of on *Oecophylla longinoda* Latreille (Hymenoptera: Formicidae) as biocontrol agent in the production of cashew plantations. *Pest Management Science*, 65, 41-46.
- Dwomoh, E.A., Ackonor, J.B. et Afun, J.V.K. (2008). Survey of insect pest associated with cashew (*Anacardium occidentale*) and their distribution in Ghana. *African Journal of Agricultural Research*, 3, 205-214.
- Majune, D.J., Masawe, P.A. et Mbega, E.R. (2018). Status and Management of Cashew Disease in Tanzania. *International Journal of Environment Agriculture and Biotechnology* (ISSN: 2456-1878), 1590-1597.10.22161/ijeab/3.5.4
- Oduwale, O. O., Adewumi, M. O., & Akinwale, T. O. (2001). Field evaluation of some cashew clones for resistance to dieback disease in Nigeria. *Journal of Agriculture and Social Research*, 1(2), 57-62.
- Oluthu, M.I. et al., (2013). Efficacy of the African weaver ants *Oecophylla longinoda* Latreille (Hymenoptera: Formicidae) in the control of *Helopeltis* spp. (Hemiptera: Miridae) and *Pseudotheraptus wayi* (Hemiptera: Coreidae) in cashew crop in Tanzania. *Pest Management Science*, 69, 911-918.
- Onifade, A. K. et Olorunfemi, S. (1998). Field performance of cashew (*Anacardium occidentale* L.) cultivars in Nigeria. *Moor Journal of Agricultural Research*, 2(1), 52-59.
- Peng, R., Lan, L.P. et Christian, L. (2014). Weaver ant role in cashew orchard in Vietnam. *Journal of Economic Entomology*, 107, 1330-1338.
- Peng, R., Chritian, k. et Gibb, K. (1997). Control threshold analysis for the tea mosquito bug, *Helopeltis pernialis* (Hemiptera Miridae) and preliminary results concerning the efficiency of control by the green ant, *Oecophylla smaragdina* (F.) (Hemenoptera: Formicidae), in northern Australia. *International Journal of Pest Management*, 43, 233-237.
- Vasconcelos, S et al., (2014). New records of insect pest species associated with cashew *Anacardium occidentale* L. (Anacardiaceae), in Guinea-Bissau. *African Entomology*, 22(3), 673-677.



IMPORTANCE DES ABEILLES MELLIFÈRES (*APIS MELLIFERA*) DANS LA PRODUCTION DE CAJOU (*ANACARDIUM OCCIDENTALE* L.) DANS LE NORD-OUEST DE MADAGASCAR

Razanarivony Honenantsa Dimbiniaina^{1*} et Andriamampianina Mandaniaina^{2*}

¹Laboratoire E-CES (Entomologie-Culture, Élevage, Santé) Faculté des Sciences, PO Box 906, Université d'Antananarivo

²Laboratoire d'entomologie, Centre national de recherches sur l'environnement, Antananarivo, Madagascar

* Auteur principal : detwokah@gmail.com / manda.admp@gmail.com

Téléphone : (+261) 34 64 139 09 / (+261) 34 87 412 02

Résumé

La culture et la transformation des noix de cajou ont commencé en 1982 sur l'île de Madagascar. Depuis lors, la filière a été confrontée à quelques contraintes, qui intègrent les faibles rendements enregistrés au cours de la dernière décennie. Une nouvelle stratégie est donc nécessaire pour améliorer la production de noix. L'objectif principal de cette recherche était d'améliorer directement le rendement en noix en utilisant les *Apis mellifera* comme pollinisateurs. Après avoir réalisé des inventaires et étudié la concurrence entre les pollinisateurs indigènes des anacardiens, l'étude a mis l'accent sur la comparaison des systèmes de production avec et sans ruches colonisées. L'étude a évalué les ratios floraux, le rendement en noix de cajou et le calibre des noix. Elle a été menée sur trois années (2018, 2019 et 2020) dans deux zones de plantation. Les parcelles expérimentales ont été sélectionnées en fonction de leur homogénéité, chaque parcelle mesurant environ 3 hectares. Cinq (5) parcelles sans ruches et cinq (5) parcelles pourvues chacune d'une ruche positionnée au centre, ont été choisies dans chaque zone. Les ruches colonisées ont été installées dans les plantations d'anacarde deux mois avant la période de floraison. Cinq (5) grandes familles d'insectes pollinisateurs, dont Apidae, Formicidae, Drosophilidae, Muscidae et Nymphalidae ont été identifiées dans l'étude. Les parcelles pourvues de ruches ont enregistré des ratios floraux plus élevés, avec une moyenne de 7,6 % contre 5 % dans les parcelles sans ruches. La production de cajou dans les parcelles pourvues de ruches était en moyenne de 14,7 kg par anacardier, contre 5,9 kg par anacardier dans celles sans ruches. La présence d'abeilles dans les plantations de cajou a considérablement amélioré la qualité des noix, avec des valeurs KOR (ratio de rendement en amandes) d'environ 25,4 kg contre 17,4 kg dans les plantations dépourvues de ruches. L'installation de ruches actives dans une parcelle de plantation d'anacarde a donc eu une incidence positive sur les facteurs surveillés par rapport aux parcelles sans ruches. En conséquence, la mise en place d'un système approprié de production apicole/de cajou pourrait améliorer la production durable à Madagascar.

Mots clés : Apiculture, anacardier, pollinisateurs, noix, Madagascar

1. Introduction

L'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) est un arbre fruitier originaire des régions tropicales, en particulier le long des côtes du Brésil (Merabrine, 1998). Sa culture s'est développée en raison de la demande mondiale de noix de cajou, qui n'a cessé d'augmenter, entraînant une commercialisation accrue. Depuis 2015, l'Afrique de l'Ouest a dominé la production de cajou avec 1,35 million de tonnes, contre 1,3 million de tonnes pour l'Asie de l'Est (PADEC, 2015). La production de cajou est un facteur clé du développement socio-économique, à la fois pour les producteurs et leurs pays. Au Bénin, la production de cajou génère des rendements financiers et économiques de respectivement 58,85 \$/Ha et 111,37 \$/Ha (Tchéhouéya, 2012).

À Madagascar, les anacardiens ont été introduits vers le XVI^e siècle par les Arabes et les Portugais à partir de la côte de l'Afrique (Lefebvre, 1966). Malgré son potentiel, la filière du cajou reste relativement modeste à Madagascar, et la production nationale annuelle est insuffisante par rapport à la demande. L'exportation, principalement vers l'Inde, atteint en moyenne un peu moins de 10 000 tonnes de noix de cajou brutes par année. Dans le district d'Ambilobe, le prix de la noix de cajou brute varie actuellement de 2 000 à 5 000 ariary par kilogramme (entre 0,50 et 1,21 \$/EU) selon la qualité (Mahefa, 2023). La production de cajou, si elle est améliorée, a donc le potentiel de créer des emplois et de stimuler l'économie du pays. Actuellement, seuls deux exportateurs agréés transforment les noix de cajou au niveau local. Les producteurs et les exploitants agricoles locaux sont donc encouragés à cultiver la noix de cajou comme alternative à la culture du cacao, de la vanille et des clous de girofle. Comme d'autres types de plantations agro-industrielles, les systèmes agro-écologiques intégrés ont toujours donné des résultats prometteurs. Selon l'Alliance africaine du cajou (ACA) en 2013, l'introduction de l'apiculture dans les vergers de cajou a permis d'accroître la production de 116,7 % au Ghana et de 212,5 % au Bénin.

Par conséquent, l'objectif principal de cette recherche est d'améliorer directement le rendement et la qualité des noix de cajou par l'introduction de l'apiculture dans les plantations. Pour ce faire, une comparaison de la production de noix de cajou avec et sans pollinisation par les abeilles a été réalisée dans deux communes du district d'Ambilobe (Antsoha et Beramanja). Cette région est, après Marovoay, le deuxième producteur de cajou à Madagascar ; le district d'Ambilobe dispose d'un vaste verger d'anacardiens estimé à 11 000 hectares (Raheriniaina, 2020). L'agriculture est l'activité principale des populations des communes d'Antsoha et de Beramanja, la culture de l'anacarde étant le pilier de l'économie régionale.

2. Matériels et méthodes

2.1. Zone d'étude

L'étude s'est déroulée de 2018 à 2020 sur deux sites dans des zones de culture de l'anacarde au sein des communes d'Antsoha (Latitude : -13,2465, Longitude : 48,9908) et de Beramanja (Latitude : -13,3436, Longitude : 48,8762) (Figure 1), situées à 157 km au sud de la ville

d'Antsiranana, dans le district d'Ambilobe. La plantation d'anacarde dans chaque commune couvrait une superficie d'environ 46 ha minimum.

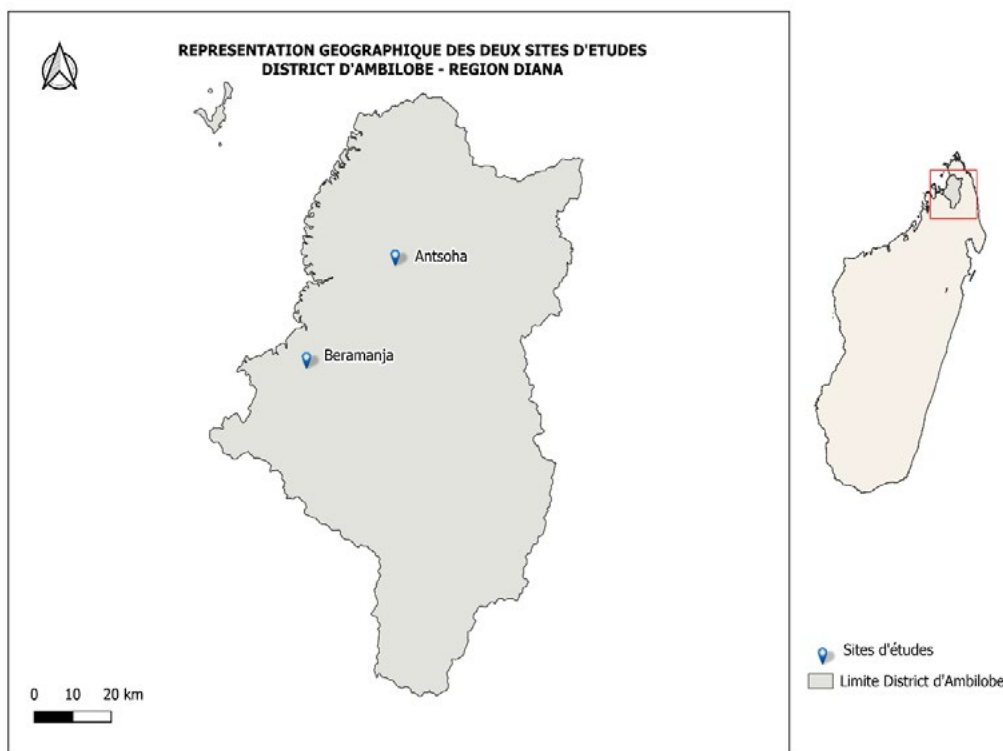


Figure 1 : Cartographie des zones d'étude

2.2. Dispositif expérimental

2.2.1. Inventaires des pollinisateurs indigènes des anacardières

Dix anacardières en pleine floraison ont fait l'objet de surveillance dans le cadre de cette étude avec deux répétitions dans chacune des deux communes voisines. Des observations périodiques des insectes visiteurs de fleurs sur les anacardières ont été effectuées pendant la saison de floraison, qui court de mai à novembre. Les dates d'observation ont été choisies au hasard pendant la période de floraison d'*Anacardium occidentale* (Reddi, 1993). Chaque jour d'observation comportait six (6) périodes d'observation différentes, à raison de 15 minutes par anacardier, soit un total de 90 minutes d'observation par anacardier, par jour de surveillance et par personne. Toutes les panicules ont été observées dans une zone de 1 m² de chaque côté ou point cardinal (Nord, Sud, Est et Ouest). En outre, certaines observations ont été effectuées la nuit à l'aide d'une lampe de poche pour vérifier la présence de visiteurs nocturnes des fleurs. Plus précisément, les observations ont été réparties comme suit : deux (2) le matin (8 heures et 10 heures), deux (2) l'après-midi (14 heures et 16 heures), et deux (2) la nuit (19 heures et 21 heures). L'abondance relative des insectes visiteurs a été calculée en divisant le nombre total de visites par le nombre de fleurs disponibles sur les panicules pendant cette période. La moyenne de l'abondance a été calculée sur les dix anacardières échantillonnés. Au cours de la surveillance, le nombre de visites de chaque type d'insecte a été enregistré. Des sessions de capture d'insectes, ciblant les pollinisateurs potentiels, ont été menées à plusieurs endroits du verger de cajous et de manière systématique afin d'obtenir une représentation de la diversité dans la zone étudiée. Certaines espèces ont été identifiées morphologiquement sur le terrain par l'équipe de l'Université d'Antananarivo. L'identification des spécimens a été réalisée à l'aide des clés d'identification élaborées par Triplehorn *et al.* en 2005. En revanche, les insectes visiteurs de fleurs qui n'ont pas pu être identifiés sur place ont été capturés à l'aide d'un filet à insectes (passage du filet dans les panicules) ou d'un aspirateur à insectes (aspiration des insectes à fleur de panicule) et conservés dans de l'alcool à 70 % ou dans des enveloppes pour les insectes volants. Ils ont ensuite été envoyés au Laboratoire d'entomologie du centre national de recherches sur l'environnement (CNRE) à Antananarivo, à Madagascar, pour une identification morphologique jusqu'au niveau de la famille ou de l'espèce en suivant les clés établies par l'Académie des sciences de Californie sur le site d'AntWeb en 2020.



Figure 2 : Insectes visitant les fleurs selon the average of the preference data

2.2.2. Évaluation de l'impact de l'apiculture sur la culture et la production de cajou

Au total, vingt (20) blocs de type monoclonal d'une superficie minimale de 3 hectares chacun ont fait l'objet de surveillance dans le cadre de cette étude. Dans chaque commune, cinq (5) parcelles sans ruches et cinq (5) parcelles pourvues chacune d'une ruche colonisée placée au centre des parcelles ont été créées. Au sein de chaque parcelle, douze (12) anacardiers ont été sélectionnés pour être observés et marqués dans un rayon de 150 m. Le choix de ce rayon repose sur la taille de la plantation et la mobilité des abeilles, lesquelles peuvent parcourir des distances de plus de 350 mètres (Fougeroux et al., 2017). Sur chaque parcelle, les anacardiers ont été répartis uniformément dans les quatre points cardinaux (Nord, Est, Ouest et Sud) dans un rayon de 150 mètres, ce qui donne quatre (4) anacardiers par point cardinal. Dans les plantations sans ruches, la configuration était similaire à l'exception de la sélection arbitraire du point de référence pour l'installation. Cependant, le premier arbre a été choisi en fonction de l'orientation déterminée dans la plantation pourvue de ruches, les anacardiers ci-après étant sélectionnés selon le même modèle d'orientation. Au total, 240 anacardiers ont fait l'objet de surveillance. Ils ont été géolocalisés et marqués selon le dispositif expérimental décrit ci-dessus.

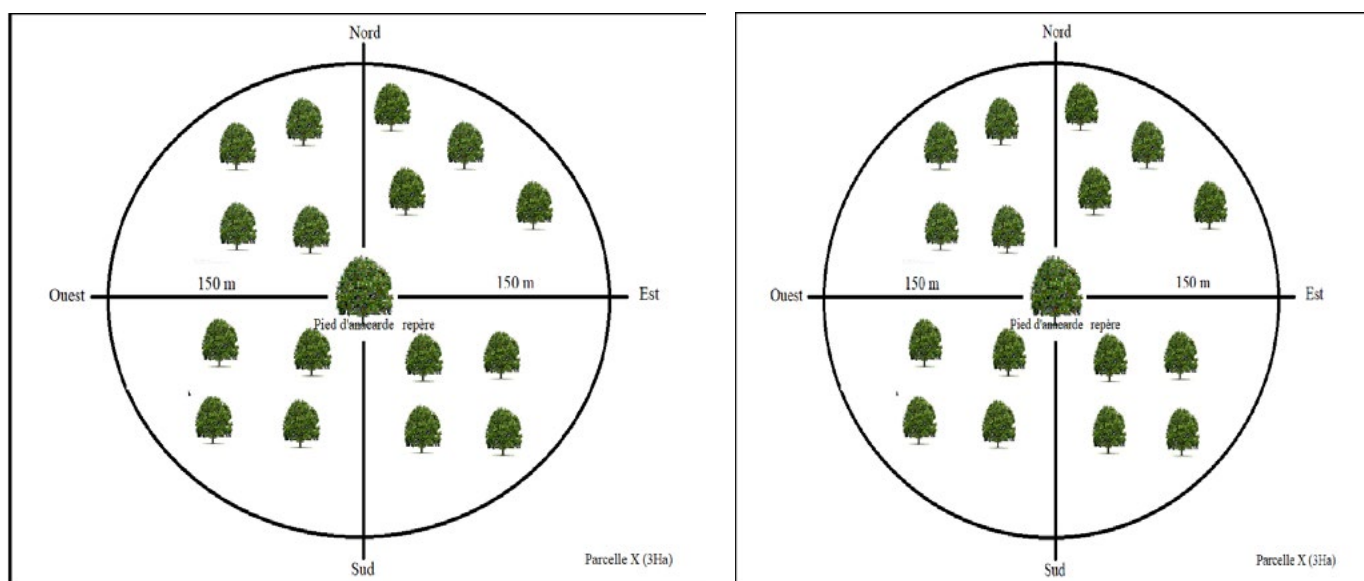


Figure 3 : Configuration expérimentale des anacardiers avec et sans ruches

Afin d'évaluer l'efficacité de la pollinisation, une technique de marquage des fleurs a été utilisée pour chaque type de visiteur. Les boutons floraux des panicules ont été isolés afin d'évaluer leur efficacité en tant que pollinisateurs. Cette méthode met également en évidence l'importance des insectes pollinisateurs dans la production et leur impact sur la fructification (Figure 4). Les panicules témoins ont été recouvertes de papier d'emballage, leurs ouvertures étant protégées par du coton imbibé d'alcool, afin de s'assurer qu'elles soient à l'abri des corps étrangers. Les panicules échantillonnées ont, quant à elles, été simplement enveloppées dans du papier d'emballage. Chaque enveloppe a été étiquetée ou marquée pour suivre les inflorescences hermaphrodites et mâles nouvellement ouvertes jusqu'à la nouaison. Il est important de noter que les fleurs anormales ont été retirées de la panicule pour faciliter le comptage.



Figure 4 : Pose de couronnes pour les panicules de fleurs pollinisées et les groupes de contrôle

2.2.3. Évaluation du rendement et de la qualité des noix

L'évaluation a impliqué la détermination du nombre et du poids exacts des noix récoltées dans les parcelles pourvues de ruches et de les comparer à celles des parcelles sans ruches. Le classement par grade a été effectué en regroupant les noix en petits tas de dix (10), en comptant le nombre de ces tas et toutes noix supplémentaires. Les corps étrangers sont ensuite retirés et pesés avant d'être comptés. Par ailleurs, le taux de nouaison a été calculé en divisant le nombre de fruits formés par le nombre de fleurs épanouies.

Analyse qualitative : Après le calcul du classement par grade ci-dessus, il est également nécessaire de calculer le taux de défaut (DR) à l'aide de la formule ci-après :

$$TD = (\text{poids des noix rejetées à 50 \%} + \text{poids des noix rejetées à 100 \%}) / \text{poids total de l'échantillon de noix} \times 100$$

Dans le cadre du contrôle-qualité, la méthode ACA (2019), qui consiste à mesurer la qualité des noix de cajou a été adoptée. Cependant, pour cette étude, deux lots ont été constitués : le premier lot était composé de plantations pourvues de ruches et le second lot était composé de plantations sans ruches. Pour la détermination du KOR (rendement), des noix brutes ont été prélevées sur les 240 anacardiers d'observation susmentionnés, pour un total de 941 kg de noix brutes. Les échantillons ont été séchés au soleil pendant sept jours afin de réduire à environ 7 à 10 % leur teneur en humidité. Divisés en quatre lots, ils ont été soigneusement mélangés puis subdivisés en quatre portions à peu près égales. Chaque portion est appelée « quart », ce qui donne quatre paires de quarts opposés. Ainsi, le premier quart s'oppose au troisième quart, et le deuxième quart s'oppose au quatrième. Chaque échantillon doit provenir de deux quarts opposés. Il en résulte le diagramme ci-après :



Figure 5 : Processus d'échantillonnage (ACi, 2016)

Le calcul de base du rendement (KOR) est obtenu par la formule ci-dessous :

$$KOR (\text{rendement}) = (\text{noix utiles} \times 80) / 454$$

Avec : UA (noix utiles) = Poids total des noix obtenues + coques des noix saines + [(Poids total des amandes obtenues + coques des noix rejetées à 50 %) / 2].

2.2.4. Analyses statistiques

Les données ont été analysées à l'aide de la version 2014 de XLStat. Le test de Shapiro-Wilk (1965) a été appliqué à toutes les variables étudiées pour vérifier la normalité des données obtenues. Les comparaisons des moyennes ont été testées à l'aide de tests paramétriques tels que les tests de Friedman et de Newman-Keuls pour vérifier l'existence d'écart, et le test de Kruskal pour les rendements (KOR). Les taux de nouaison ont été comparés entre les traitements à l'aide d'un test du chi carré.

3. Résultats

3.1. Inventaire et analyse de la concurrence des agents pollinisateurs indigènes des anacardiés

Quatre types de comportements ont été observés : les insectes volant autour des anacardiés, les insectes se déplaçant d'une panicule à l'autre sur le même arbre, les insectes volant vers une autre panicule sur un arbre voisin et les insectes se déplaçant le long des parties végétatives d'un même anacardier. Les résultats présentés à ce niveau montrent le nombre total de spécimens identifiés à la fois à l'Université (106 spécimens) et au CNRE (296 spécimens). Au total, 402 spécimens d'insectes ont été capturés lors de la surveillance des champs dans le cadre de trente-six (36) sessions de collecte. De plus, l'identification morphologique de chaque spécimen capturé a permis d'identifier trois (3) ordres d'insectes différents, à savoir : les hyménoptères, les diptères et les lépidoptères. Ces insectes sont les suivants : *Apis mellifera* sp. (APIDAE) et *Crematogaster* sp. (FORMICIDAE), *Drosophila* sp. (DROSOPHILIDAE), *Musca* sp. (MUSCIDAE), *Danaus chrysipus*, et *Acraea horta* (NYMPHALIDAE). Le modèle d'activité des insectes pollinisateurs sur la fleur de cajou depuis le début de la saison de floraison est largement dominé par *Apis mellifera* (APIDAE). Par ailleurs, les autres familles présentent des taux de visite quasiment égaux, mais avec de faibles populations, à l'exception de *Drosophila* sp. qui n'est représentée que par cinq (5) sujets.

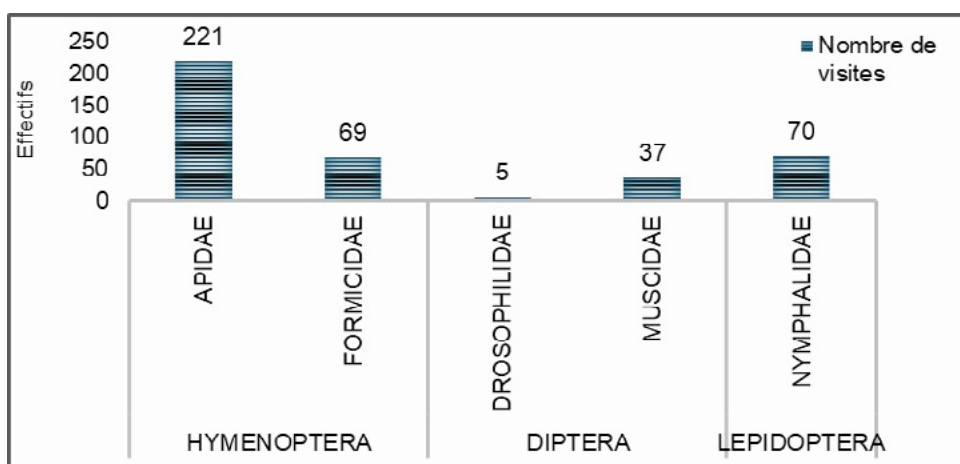


Figure 6 : Nombre d'insectes capturés en fonction de leurs visites sur les panicules de fleurs sur les deux sites.

3.2. Caractérisation florale des anacardiés

Pour les vingt parcelles étudiées dans les deux communes, à savoir Antsoha et Beramanja, les vergers d'anacardiés ont un âge moyen de 5,5 ans. Sur les 256 inflorescences échantillonnées, l'analyse de la distribution du ratio floral dans les deux communes affiche une variation de ce ratio entre 5,01 et 11,0 % à Antsoha, et entre 4,51 et 11,4 % à Beramanja. Comparativement, le rapport entre les parcelles pourvues de ruches et les parcelles sans ruches est en moyenne de 7,6 % contre 5 % (Figure 7). Cette tendance confirme la constance du ratio floral dans les vergers étudiés. Ce résultat est conforté par l'analyse de la variance entre les sites qui ne montre pas de différence significative ($p = 0,51$) dans le ratio floral. En effet, les résultats indiquent une hausse de la production de noix de cajou dans les plantations pourvues de ruches, avec une moyenne de 14,7 kg/arbre contre 5,9 kg/arbre dans les plantations sans ruches sur les deux sites.

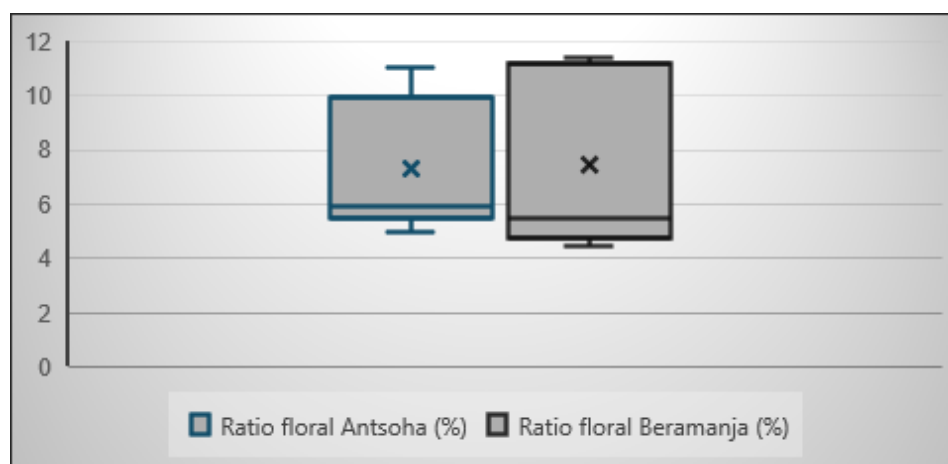


Figure 7 : Distribution du ratio floral entre Antsoha et Beramanja

3.3. Effet sur la production de cajou

Il ressort des observations que chaque panicule échantillonnée a produit en moyenne cinq (5) noix bien formées, dont la moitié pour les témoins. L'analyse descriptive de ces résultats est présentée à la Figure 8.

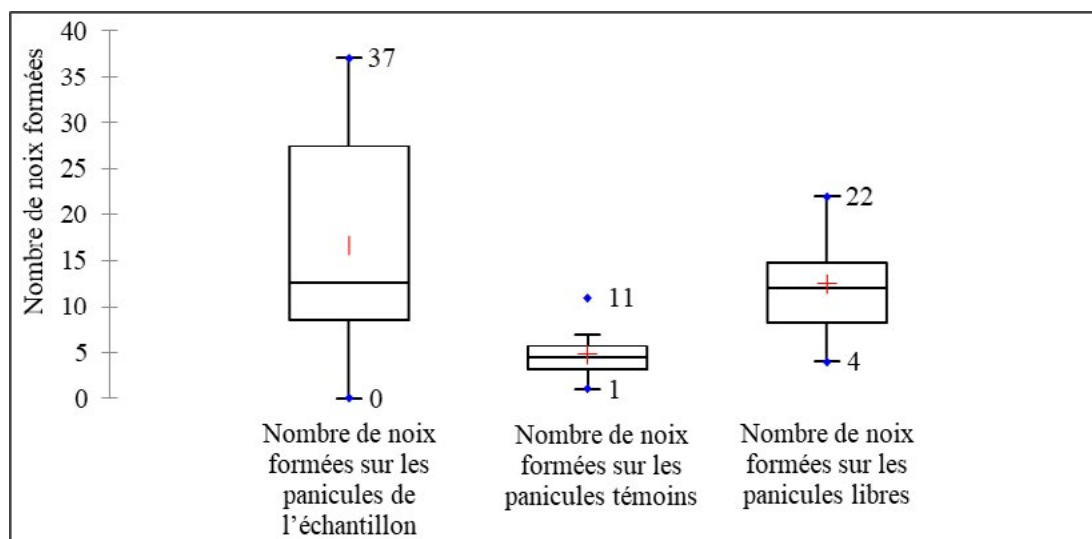


Figure 8 : Noix formées en fonction des types de panicules observés

Tout d'abord, la moyenne et la médiane des noix formées sur les panicules témoins sont d'environ 4 noix. Dans l'ensemble, le nombre minimum de noix formées est de 1 et le maximum est de 11 noix. Deuxièmement, sur les panicules échantillonnées où les pollinisateurs sont des visiteurs privilégiés, le nombre moyen de noix récoltées est de 16 noix par panicule. La Figure 8 montre que la distribution des données pour les noix est concentrée dans la partie inférieure de la médiane (12 noix). Enfin, pour les panicules libres sans pollinisation par les insectes, le nombre moyen de noix formées est identique à la médiane (12 noix). Le maximum de noix formées est de l'ordre de vingt-deux (22), et le minimum de noix formées dans cette condition est de 4 pour les panicules libres.

Cette différence est confirmée par le test statistique comparant la variance des trois échantillons, qui nous oblige à accepter l'hypothèse nulle avec ($F = 3,3$ et $p\text{-value} = 0,0004$) et à rejeter l'hypothèse alternative avec un risque de 0,04 %. Par conséquent, les panicules pollinisées par *Apis mellifera* ont une meilleure nouaison que les fleurs non pollinisées (témoins).

3.4. Caractéristiques et qualité des noix

Une comparaison des poids moyens des noix provenant des fleurs pollinisées par les abeilles et de celles non pollinisées lors de toutes les saisons a révélé que les noix pollinisées étaient généralement plus lourdes que celles non pollinisées ($F = 8,01$; $p = 0,004$). Bien qu'on ne note pas de différence entre les noix pollinisées au cours des trois saisons (test de Holm-Sidak ; $t = 1,17$; $p = 0,17$), les noix formées après la pollinisation sont plus grosses que celles non pollinisées. En effet, les noix formées après la pollinisation étaient plus grosses que celles obtenues sans leur intervention. La production de noix de cajou dans les plantations pourvues de ruches a été en moyenne de 14,7 kg/arbre contre 5,9 kg/arbre dans les plantations sans ruches. Les rendements les plus élevés ont été systématiquement obtenus dans les vergers pourvus de ruches tout au long des essais dans les deux communes. Des améliorations significatives du rendement de 40 % ont été observées sur le site. Les résultats concernant les caractéristiques et la qualité des noix sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Résultats de l'évaluation de la qualité des noix

Sites	Types de plantations	Classement par grade	Évaluation de la qualité	TD	KOR (kg)
ntsoha	Plantations sans ruches (60 anacardiers)	201	Moyenne	12,2	25,4
	Plantations sans ruches (60 anacardiers)	229	Acceptable	14	18,9
Beramanja	Plantations pourvues de ruches (60 anacardiers)	212	Inférieur à la moyenne	11,9	23,2
	Plantations sans ruches (60 anacardiers)	222	Acceptable	13,2	17,5

Si la détermination des caractéristiques des noix a montré que les noix des zones pourvues de ruches étaient plus grosses que celles dépourvues de ruches à Beramanja, à Antsoha (Tableau 1) c'était par contre l'inverse. Entre les deux sites de plantation, Beramanja a enregistré un meilleur classement par grade, à la fois dans les plantations pourvues de ruches, alors qu'à Antsoha, les plantations sans ruches ont eu un nombre de noix plus élevé. Sur les deux sites, les plantations pourvues de ruches ont eu un rendement (KOR) compris entre 25,4 et 23,2 kg contre 17,5 et 18,9 kg pour les plantations sans ruches.

4. Discussion

La caractéristique spécifique des fleurs de cajou, avec une forte proportion de fleurs mâles sélectionnées par rapport aux hermaphrodites, justifie la nécessité de multiplier les pollinisateurs. L'autogamie est difficile en raison de la structure des fleurs hermaphrodites, le stigmate étant placé très haut par rapport aux étamines (Bhattacharya, 2004). L'inventaire des agents pollinisateurs a fait état d'un certain nombre d'insectes indigènes qui ont la capacité de polliniser les anacardiés sur les deux sites d'étude. Leur identification nous permet d'obtenir des informations sur divers aspects possibles pour des études futures. Parmi les visiteurs recensés, les fourmis et les abeilles y abondent le plus. Ce constat démontre que les abeilles domestiques ou sauvages sont effectivement présentes dans le champ pendant la période de floraison. Les abeilles visitent les fleurs pendant de longues périodes et se déplacent généralement sur de courtes distances.

Plus les fleurs sont abondantes, plus le nombre de visiteurs est élevé, ce qui permet une pollinisation efficace. Lors des observations, la présence d'autres insectes visiteurs a été notée, mais ces derniers n'ont pas été capturés lors de la collecte. Le faible nombre d'insectes capturés peut s'expliquer par la difficulté de capture due aux vents forts appelés « Alizé » qui coïncident avec la période de floraison dans cette région. Il est fort probable que d'autres spécimens restent indéterminés à ce jour.

L'hypothèse nulle a donc été rejetée car la durée et l'abondance des visites d'insectes ne sont pas influencées par le moment de la journée, probablement en raison de la température quotidienne élevée (27 °C) dans les zones de plantation d'Antsoha et de Beramanja, qui maintient les pollinisateurs actifs du matin jusqu'au soir. On sait que la fréquence des visites visant des fleurs particulières d'un anacardier à l'autre est principalement influencée par la qualité du pollen et du nectar (Abou-Shaara, 2014). Néanmoins, la présence d'autres familles d'insectes diverses indique leur participation aux phénomènes d'autogamie et d'allogamie.

L'analyse du rendement en noix de cajou dans le cadre des deux traitements (avec et sans ruches) met en évidence l'importance de l'activité des pollinisateurs. L'anacardier est reconnu comme un arbre mellifère, comme dans d'autres pays. Une différence significative a été constatée entre le nombre de noix produites par les panicules privées d'agents pollinisateurs et celles pollinisées. On note une disparité substantielle au niveau du nombre de noix formées par rapport aux témoins et aussi par rapport à la fertilisation naturelle (panicules libres). Ce constat souligne l'intérêt d'intégrer la culture de l'anacarde à l'apiculture. Le rendement de la production de cajou de l'étude susmentionnée, 14,7 kg/arbre dans la parcelle pourvue de ruches contre 5,9 kg/arbre dans les parcelles sans ruches, était proche des conclusions de Jocelyn (2016), qui a indiqué qu'un anacardier peut produire en moyenne 15 kg de fruits par saison tout au long de sa vie, avec un pic autour de la dixième année à 30 kg/arbre. En revanche, la production de cajou en Inde peut atteindre 48 kg/arbre (Samal *et al.*, 2003), ce qui met en évidence des rendements plus faibles en raison de la présence insuffisante de pollinisateurs. Ce constat est confirmé par Klein *et al.* (2011), qui soulignent l'importance des pollinisateurs dans la garantie d'une production de qualité grâce à la pollinisation par les insectes. En 2013, Aidoo a démontré que l'introduction de l'apiculture dans les vergers d'anacardiés a permis d'accroître la production de 116,7 % au Ghana et de 212,5 % au Bénin. Il est concevable que diverses caractéristiques physiques des pseudo-fruit (la pomme) ou des noix de cajou puissent être améliorées grâce à l'intervention d'*Apis mellifera* pour la pollinisation croisée de l'espèce (Hermann *et al.* 2020). Toutefois, il convient de noter que d'autres facteurs sont également susceptibles d'influencer les caractéristiques et le rendement en noix entre les traitements en plein air et les échantillons contrôlés.

En ce qui concerne la qualité des noix, il ressort de l'analyse des résultats que le rendement en noix (KOR) varie entre 201 et 212 noix/kg pour les parcelles pourvues de ruches et entre 222 et 229 noix/kg pour les parcelles sans ruches. Cette variation souligne l'importance de la présence d'abeilles pollinisatrices, qui a une incidence sur la qualité des noix. Les valeurs du KOR sur les deux sites sont également attribuées à la présence des abeilles, avec un KOR moyen de 23,2 kg à 25,4 kg pour les plantations pollinisées contre 17,5 kg à 18,9 kg pour les parcelles sans ruches. Ces valeurs obtenues dans les plantations pourvues de ruches sont considérées comme un bon rendement selon les normes qui stipulent qu'il doit être supérieur à 50 lbs. À Madagascar, aucune étude sur ce cas n'a encore été publiée, si bien qu'aucune comparaison locale du KOR n'a été faite. Cependant, en se référant à d'autres pays comme le Bénin, selon Pal (2016), le KOR moyen au Bénin, en Côte d'Ivoire et au Nigéria est respectivement de 21,7 kg, 21,6 kg et 20,6 kg. Le KOR est un indicateur crucial dans le commerce international des noix brutes, car il influence les prix sur le marché mondial. Par conséquent, dans notre étude, la bonne valeur du KOR des noix brutes obtenues après la pollinisation par les abeilles souligne son importance pour la productivité et l'amélioration de la qualité des noix ici à Madagascar.

5. Conclusion

En résumé, six (6) espèces d'agents pollinisateurs appartenant à cinq (5) familles d'insectes ont été identifiées au cours de cette étude dans les deux communes d'Ambilobe. Chaque espèce a montré un niveau de préférence spécifique pour les anacardiés, mais leur efficacité a été influencée par leur nombre. Seule la pollinisation par *Apis mellifera* a incontestablement contribué à améliorer le taux de nouaison ainsi que la qualité des noix et des amandes. Cette approche contribue directement au renforcement de la productivité des exploitants agricoles et de l'économie du pays. Outre l'augmentation significative du nombre de ruches, il est important de conserver les écosystèmes naturels autour des champs de plantation, afin de tirer parti du service essentiel fourni par les abeilles sauvages.

6. Remerciements

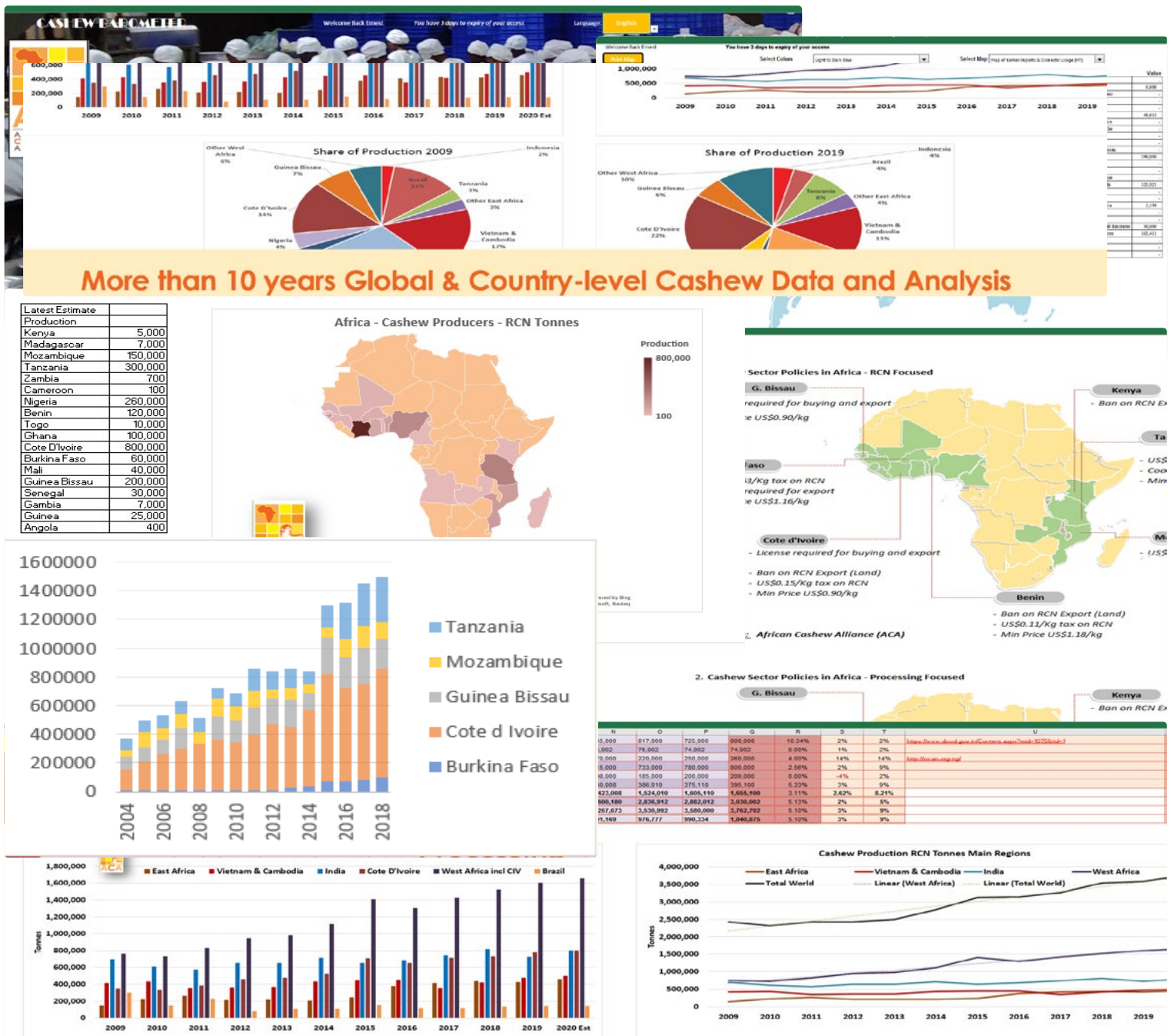
Nous exprimons notre reconnaissance aux communautés locales et aux ONG qui nous ont fourni le matériel biologique nécessaire à la réalisation des expériences. Nous souhaitons également exprimer notre sincère gratitude au Centre national de recherches sur l'environnement (CNRE) pour son soutien et sa précieuse collaboration tout au long de cette étude. Nos remerciements vont aussi au Département d'entomologie de l'Université d'Antananarivo pour sa contribution significative à notre recherche, notamment pour nous avoir accordé l'accès à ses laboratoires.

Références

1. ACA. (2016). Une décennie de transformation. Festival et exposition mondiaux sur le cajou. Document de la conférence : Bissau, Guinée-Bissau, (p. 19-22 septembre 2016. 25p).

2. ACA. 2019 : Mesure de la qualité des noix de cajou (KOR).
3. ACi, I. C. A. (2016). Apprécier la qualité des noix de cajou brutes.
4. Aidoo, K. (2013). Plantations de cajou, apiculture et un nouveau moyen de subsistance. | Alliance africaine du cajou. <https://www.africacashewalliance.com/fr/news-and-info/newsletter/plantations-de-cajou-apiculture-et-un-nouveau-moyen-de-subsistance>
5. AntWeb (2020) Version 8.48.2. Académie des sciences de Californie. <https://www.antweb.org>. Consulté le 27 novembre 2020.
6. Bhattacharya, A. (2004). Flower visitors and fruitset of *Anacardium occidentale*.
7. Hermann Cyr TONI1, Bruno Agossou DJOSSA, Oscar TEKA1 et Hounnankpon YEDOMONHAN (2020). Rôle des insectes pollinisateurs dans la qualité des fruits et le rendement du gombo (*Abelmoschus esculentus*) dans la commune de Kétou au Sud du Bénin.
8. Hien, S. (2019). Aperçu de l'évolution de la production d'anacarde et évolution du marché de noix brutes de cajou dans la sous-région et perspectives pour 2019/2020. N'Kalô. Document de la conférence (p. Forum sur le cajou sahélien du 5 au 7 août 2019).
9. Jocelyn, P. M. (2016). Diagnostic technico-financier de la filière de l'anacarde (*Anacardium occidentale* L.), cas de Trichet, troisième section communale de Saint-Jean du Sudd'Haït.
10. Klein, A.-M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., et Tscharntke, T. (2011). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
11. LEFEBRE A. (1966). Technologie et culture d'anacardier à Madagascar, *Revue Bois et Forêts des tropiques*, N° 108
12. Mahefa C. O. (2023). Madagascar : la filière noix de cajou en quête d'un nouveau souffle (rfi.fr)
13. Merabtine E., Valorisation de la pomme de cajou : différentes voies d'obtention de produits déshydratés pour une incorporation dans les produits laitiers, Mémoire de fin d'études d'ingénieur, École nationale supérieure des Industries alimentaires, Section Industries alimentaires régions chaudes (Ensia-Siarc), Montpellier, France, 1998.
14. PADEC. (2015). Programme d'appui au développement économique de la casamance description du projet. <https://docplayer.fr/36184289-Programme-d-appui-au-developpement-economique-de-la-casamance-padec-description-du-projet.html>
15. Raheriniaina. (2020). Région Diana - Noix de cajou : Or vert d'Ambilobe (lexpress.mg)
16. Randrianjafy, I. (2018). Pollen des plantes à fleurs et/ou mellifères de la ville de Mahajanga : outils d'identification. Parcours Biodiversité et Conservation, Université de Mahajanga, Madagascar. Mémoire en Master.
17. Reedi, E.U.B. (1993). Pollination studies of cashew in India : An overview - In : Veeresh, G.K., Umashankar, R. & Ganeshaiah, K.N. (eds.), *Pollination in tropics* : 321-324. Chapitre indien, Bangalore.
18. Tchéhouéya. (2012). Mémoire en ligne-Analyse de la rentabilité de la filière anacarde dans le département des collines ; cas de la commune de Savalou.
19. Triplehorn, C.A., Johnson, N.F., Borror, D.J. (2005). Borror and DeLong's introduction to the study of insects. Colombia: Thompson Brooks/Cole.
20. Samal, S., Lenka, P. C. et Rout, G. R. (2003). Analysis of genetic relationship between populations of cashew (*Anacardium occidentale*) by using morphological characterisation and RAPD markers. *Plant, Soil and Environment* (République tchèque).

Cashew Barometer



Register as ACA Member or Subscribe
For more than 10 years Global & Country-level Cashew Data and Analysis, covering:

- Production Area, Volumes and Quality
- Processing Volumes, Utilized Capacities
- Price Data (RCN, Kernel)
- Export Trade Volumes
- Import Trade Volumes
- Sector Organization and Regulation Information