

INNOVATIONS DANS LA PRODUCTION DU CAJOU



*2ème Actes des Recherches de l'ACA
Edition 2023*

LISTE DES ÉVALUATEURS

Cocoa Research Institute of Ghana/CRIG

1. Dr. Esther G. Akoto (0540933451) - Physio/Biochimie, CRIG
2. Ms. Margaret A. Larbi (0242182869) - Physio/Biochimie, CRIG
3. Dr. Ishmael A. Attah (0541296722) - Pathologie végétale, CRIG
4. Dr. Sampson Konlan (0243314068) - Agronomie, CRIG
5. Dr. Alfred Arthur (0243530513) - Science du sol, CRIG
6. Terra Nyarko (0557861129) - SSSU, CRIG
7. Dr. Silas W. Avicor (0553312919) - Entomologie, CRIG
8. Kofi Appiah Nuamah (0242308053) - ICT

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

1. Prof. Sibirina Soro - Enseignant/chercheur, Coordinateur Exécutif du REDAA
2. Dr. Myriam Mazella Traore - Economiste rurale
3. N'depo Ossey Robert - Enseignant/chercheur
4. Silue Sana - Technicien
5. Bailley Pelagie - Technicien
6. Konan Serge Pacome - Technicien
7. N'gessan Ange Parfait - Doctorant
8. Soro Doudjo - Enseignant chercheur



Table de Matières

Recherches préliminaires sur les effets du rendement et de la qualité des noix des anacardiens (<i>Anacardium occidentale</i> L.) matures sur l'application foliaire d'hormones végétales exogènes	4
Effet de l'application d'engrais riches en azote (N) et en potassium (K) sur le rendement des noix de cajou et les propriétés chimiques du sol à Ochaja, dans l'État de Kogi, au Nigéria	8
Rendement des noix de cajou (<i>Anacardium occidentale</i> L.) influencé par les engrais NPK et l'âge de la plantation dans le Nord du Ghana	12
Activités Antifongiques de L'extrait de Soja et De Fongicides de Synthèse sur les Agents Pathogènes Responsables de L'antracnose des Noix de Cajou au Ghana	16
Obstacles à la production et à la commercialisation durables de noix de cajou brutes en vue d'améliorer les moyens de subsistance des exploitants agricoles dans l'État d'Abia, au Nigéria	21
Transformation des noix et pommes de cajou (<i>Anacardium occidentale</i> L.): améliorer les moyens de subsistance des populations rurales démunies dans les zones de production de noix de cajou au Ghana	25
Essai biologique des entomopathogènes associés aux principaux insectes nuisibles au cajou (<i>Anacardium occidentale</i> L.) au Ghana	32
Dégâts saisonniers causés par <i>Analeptes trifasciata</i> (Coleoptera : <i>Cerambycidae</i>) sur l'anacardier et son implication sur son rendement	38
Identification de clones d'anacardier (<i>Anacardium occidentale</i> L.) présentant une meilleure tolérance au stress lié à l'installation de la plantation	44
Prévision de la production de cajou au Nigéria: approche de modélisation économétrique Arima	51
Réactions de plants greffés d'anacardiens à différentes formules d'engrais minéraux et organiques utilisés comme fumure de fond dans les plantations	56
Études sur la durée de conservation de la pulpe sèche de pomme de cajou comme ingrédient pour l'alimentation de la volaille	64
Effet des tailles de rabaissement de couronne et ordinaire sur la productivité de l'anacardier au Nord et au centre Bénin	69
Analyse des perceptions des producteurs sur les paramètres climatiques affectant la productivité de l'anacardier au Bénin	76
Efficacités agronomiques et nutritionnelles dues à l'application des nutriments sur l'anacardier (<i>Anacardium occidentale</i> L.) au Bénin	86
Évaluation du potentiel de germination et de développement en pépinière des graines d'anacarde au Bénin	94
Évaluation morphologique de trois génotypes d'anacardier en condition d'alimentation hydrique déficitaire	100
Qualité et stabilité du jus de pommes de cajou (<i>Anacardium occidentale</i> L.) clarifié à l'amidon de manioc et de riz	110
Effets d'aliments à base de pulpe d'anacarde (<i>Anacardium occidentale</i> L.) séchée sur les performances des poulets de chair en phase de croissance en Casamance/Sénégal	118
Dynamique de l'infestation des vergers d'anacardiens (<i>Anacardium occidentale</i> L) dans le département de Goudomp (Région de Sédhiou au Sénégal) par le foreur de bois : <i>Apate terebrans</i> Pallas	124
Approche du système de surveillance et de notification des ravageurs et des maladies (PDSRS) en vue de lutter contre les ravageurs et les maladies du cajou	132
Flore fongique sur les mauvaises herbes dans les vergers d'anacardiens (<i>Anacardium occidentale</i> L.) en Côte d'Ivoire	135
Estimation de la quantité de carbone séquestrée par les anacardiens	144

RECHERCHES PRÉLIMINAIRES SUR LES EFFETS DU RENDEMENT ET DE LA QUALITÉ DES NOIX DES ANACARDIERS (*ANACARDIUM OCCIDENTALE L.*) MATURES SUR L'APPLICATION FOLIAIRE D'HORMONES VÉGÉTALES EXOGÈNES

*Bright S. A Sarpong¹, Jerry Anim¹, Sylvester de Clercq Mensah¹, Yahaya Bukari², Godfred Awudzi², Paul Adu-Gyamfi² and Seth Osei-Akoto¹

¹Direction des services agricoles, ministère de l'Alimentation et de l'Agriculture du Ghana

²Institut de recherche sur le cacao du Ghana, Box 8, New Tafo-Akim, Ghana

(Courriel de l'auteur correspondant : brightsherif@yahoo.com)

RÉSUMÉ

La baisse des rendements des anacardières matures dans la sous-région de l'Afrique de l'Ouest entrave la productivité. L'application d'hormones végétales exogènes foliaires pourrait améliorer la production de cajou. Quatre hormones exogènes, l'acide gibbérellique (GA3), l'éthéphon, l'acide naphthalène-acétique (ANA) et le 2,4-D ont été appliquées à 0 mg L⁻¹, 50 mg L⁻¹, 100 mg L⁻¹, 150 mg L⁻¹ et 200 mg L⁻¹ à une plantation de 14 ans créée à partir des clones d'origine béninoise et ghanéenne à la station de recherche agricole de Wenchi au Ghana. L'essai a été réalisé en parcelles divisées en quatre répétitions et les anacardières ont été évalués en termes de rendement, de poids des noix et de production. L'interaction hormone × concentration a eu des effets significatifs sur tous les caractères mesurés, à l'exception de la production. Les résultats indiquent que l'application d'éthéphon et de GA3 à 50 mg L⁻¹ et 100 mg L⁻¹ a permis d'obtenir le rendement le plus élevé, soit 17,7 kg/anacardier et 17,3 kg/anacardier, représentant une hausse de plus de 100 % par rapport aux rendements obtenus avec les anacardières non traités respectivement. L'ANA appliqué à 100 mg L⁻¹ a permis d'obtenir le meilleur poids de noix avec une hausse de 5 % par rapport aux anacardières non traités. Les résultats, bien que préliminaires, soulignent le potentiel d'augmentation de la productivité des plantations d'anacardières matures grâce à l'application des hormones GA3, éthéphon et ANA.

Mots clés : Anacarde, hormone, ANA, GA3, rendement en noix

1.0 Introduction

Le cajou (*Anacardium occidentale L.*) est un fruit à coque tropical important d'un point de vue social et économique dans le monde entier. Il est principalement cultivé pour son amande, très nutritive et à faible teneur en cholestérol. Au nombre des autres avantages commerciaux et économiques de cette culture, figurent le jus, le vin, le vinaigre, la confiture, les cornichons et la baume de cajou (CNSL) destiné à des usages industriels. En Afrique, où sont produites environ 67 % des noix de cajou brutes (NCB) du monde, la production moyenne par anacardier ne représente que de 2 à 3 kg par anacardier (Aliyu et Awopetu, 2007). Actuellement, plus de dix-sept pays d'Afrique sont engagés dans la production de cajou et, en 2019, le continent a enregistré une production de 2,33 millions de tonnes de NCB sur une superficie estimée à 4,7 millions d'hectares, correspondant à une productivité moyenne de 0,57 tonne/hectare (FAO, 2019). Les deux tiers de cette production en 2019 proviennent de quatre pays, à savoir la Côte d'Ivoire (34 %), le Burundi (12 %), la Tanzanie (10 %) et le Bénin (9 %).

Au Ghana, le cajou constitue l'une des cultures arboricoles présentant un énorme potentiel d'augmentation des devises et de création d'emplois (GSS, 2005). En dépit de l'importance économique que revêt le cajou en tant que produit de base et culture destinée à l'exportation, dont la culture est en hausse à travers le monde, le rendement moyen mondial ne représente que 780 kg/ha-1; (FAO, 2008). Par conséquent, Heard et al., (1990) ont suggéré qu'il convient d'accroître considérablement la production de ces anacardières afin de garantir un investissement durable et la compétitivité de la filière du cajou.

Plusieurs facteurs expliquent le problème du faible rendement des anacardières, allant d'un matériel végétal génétique (Foltan et Lüdders, 1995 ; Chacko et al., 1990; Parameswaran, 1979) de faible qualité à une piètre floraison et irrégulière, en passant par une nouaison médiocre, une chute des fruits immatures et des conditions environnementales défavorables (Bello et al., 2017 ; ACA, 2011 ; Rupa et al., 2013 ; Masawe et al., 1996). Au cours des dernières années, l'application d'hormones exogènes (c'est-à-dire de régulateurs de croissance végétale) a permis d'améliorer de manière significative la floraison et la fructification de nombreuses cultures. L'utilisation de divers régulateurs de croissance végétale, allant des cytokinines aux auxines, a également permis d'améliorer la floraison et la nouaison des agrumes, (ElOtmami, 1992) du café, (Schuch et al., 1990) du raisin (Dokoozlian et Peacock, 2001) et de la mangue (Ramírez et Davenport, 2010). Aliyu et al. (2011) ont analysé la réaction de deux génotypes d'anacardières nains d'origine brésilienne à l'application d'hormones exogènes et ont indiqué que ces dernières permettaient d'améliorer le rendement et la qualité des noix de manière significative. Cette étude a donc évalué quatre hormones exogènes à différentes concentrations sur le rendement et la qualité des noix d'une plantation d'anacardières âgée de 14 ans à Wenchi, dans la zone de transition du Ghana.

2.0 Matériels et méthodes

2.1 Site d'étude:

L'étude a été réalisée à la station agricole de Wenchi, située à une latitude de 7,7° Nord et à une longitude de 2,9° Ouest, à une altitude de 303 minutes dans la région de Bono au Ghana.

2.2 Plan d'expérience et traitements:

L'essai a été réalisé selon un plan de parcelles divisées composé de quatre répétitions. Les hormones constituent le graphique principal et leurs concentrations le graphique secondaire.

Les hormones utilisées étaient l'acide gibbérellique (GA3), l'acide naphthalène-acétique (ANA), l'acide 2,4 dichlorophénoxy-acétique (2,4-D)

et l'éthéphon. Elles ont été appliquées à 0 mg L⁻¹, 50 mg L⁻¹, 100 mg L⁻¹, 150 mg L⁻¹ et 200 mg L⁻¹ à la périphérie de chaque anacardier à l'aide d'une machine de pulvérisation motorisée.

2.3 Collecte et analyse des données

Une estimation des données relatives au rendement par parcelle (4 anacardiers par parcelle-1) a été réalisée à partir du poids des noix collectées sur chaque parcelle tout au long de l'année de culture 2022. L'estimation de la taille des noix correspond au poids de 1 kg de noix de cajou brutes divisé par le nombre de noix et l'estimation du taux de rendement (%) correspond à (poids des amandes saines divisé par le poids des noix brutes) × 100 pour chaque parcelle. La méthode ANOVA a permis d'analyser les données. Le Test de comparaisons multiples de Duncan a permis de procéder à une nouvelle séparation des moyennes à un niveau de signification de 0,05.

Les données relatives aux précipitations et à la température pendant la période de l'étude ont été obtenues auprès de la station météorologique de Wenchi, située dans la station de recherche agricole de Wenchi.

2.4 RESULTS

En général, la concentration de 50 mg L⁻¹ des hormones a produit le plus grand nombre de noix, l'hormone GA3 ayant généré le rendement le plus élevé. Cependant, les hormones appliquées à 100 mg/l ont produit des noix présentant le poids le plus élevé. Le rendement des noix a été réduit avec l'augmentation de la concentration d'hormones (Tableau 1).

A une concentration de 50 mg L⁻¹, l'éthéphon a permis d'obtenir le rendement en noix le plus élevé, soit 17,8 kg/anacardier, tandis que l'ANA a produit le rendement le plus faible, soit 10,2 kg/anacardier. Toutefois, avec 100 mg L⁻¹, 150 mg L⁻¹ et 200 mg L⁻¹, l'hormone GA3 a produit le rendement en noix le plus élevé, soit 17,3, 17,2 et 15,2 kg/anacardier (Tableau 1).

L'éthéphon et l'ANA ont enregistré respectivement des rendements en noix de 10,9 et 10,1 kg/anacardier. Comparativement, l'hormone GA3 présentait un avantage de rendement d'environ 50 % par rapport au 2,4-D, à l'éthéphon et à l'ANA et de plus de 100 % par rapport aux anacardiers témoins/non traités. Lorsque la concentration de l'hormone augmente à 100 mg L⁻¹, 150 mg L⁻¹ et 200 mg L⁻¹, les rendements baissent respectivement à 10,9, 11 et 11,2.

En ce qui concerne le poids des noix, une concentration de 100 mg L⁻¹ de l'ANA a donné un poids de 6,1 g et l'éthéphon 5,1 g. En revanche, à une concentration de 200 mg L⁻¹, le 2,4-D a permis d'obtenir le poids de noix le plus élevé, soit 6 g, tandis que l'hormone GA3 a produit le poids de noix le plus faible, soit 5,3 g. Parmi les hormones exogènes, l'ANA a donné le poids de noix le plus élevé, soit 6,8 g, par rapport à l'éthéphon, qui a, quant à lui, permis d'obtenir le poids de noix le plus faible, soit 5,2 g. Cependant, parmi les concentrations soumises à l'étude, la concentration de 100 mg L⁻¹ a enregistré le poids de noix le plus élevé, soit 5,8 g (Tableau 1).

Tableau 1. Valeurs moyennes des interactions entre quatre hormones exogènes (2, 4 -D, éthéphon, GA3 et ANA) et cinq concentrations sur le rendement en noix, le poids des noix et la production des anacardiers matures.

Caractéristiques	Hormones	Concentration (mg L ⁻¹)					Moyenne ²
		0	50	100	150	200	
Rendement en noix (kg / anacardier)	2,4-D	8.1a	10.8a	6.2a	8.7a	12.8b	9.6a
	/anacardier)	6.4a	17.8b	9.2a	7.1a	9.5b	10.9b
	GA3	7.2a	14.3a	17.3b	17.2b	15.2b	16a
	NAA	5.7a	10.2a	11a	12a	7.2a	10.1a
	Mean ¹	6.9a	13.3b	10.9ab	11.0ab	11.2ab	
Poids de la noix (g)	2,4-D	5.2a	5.3a	6a	5.4a	6a	5.6ab
	ETHEPHON	5.5a	5.5a	5.1b	5a	5.5b	5.2b
	GA3	5.5a	5.5a	6a	5.5a	5.3b	5.5ab
	NAA	5.8a	5.7a	6.1a	5.5a	5.8a	5.8a
	Mean ¹	5.5a	5.5a	5.8b	5.4a	5.6a	
Production (%)	2,4-D	31.9a	30a	30.4a	28.9a	27.3a	29.2a
	ETHEPHON	30.7a	29.8a	29.1a	28.9a	28.1a	29.0a
	GA3	30.4a	32.6a	30.2a	30.9a	29.5a	30.8a
	NAA	31.8a	31.2a	30.7a	30.9a	29.6a	30.6a
	Mean ¹	31.2a	30.9a	30.1a	29.9a	28.6a	

* Les moyennes comportant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

L'analyse de la variance (ANOVA) a montré (p < 0,05) l'hormone, la concentration et l'interaction hormone × concentration avait des effets significatifs sur le rendement et le poids des noix, mais pas sur la production (Tableau 2).

Tableau 2. Synthèse de la méthode ANOVA sur le rendement, le poids des noix et la production.

Source de variation	d.f.	Rendement	Poids de la noix	Décortilage
Hormone (facteur principal de l'intrigue)	3	113.58*	3.3221*	9.8
Résiduelle	9	23.68*	1.054	9.09
Concentration (facteur de sous-parcelle)	4	29.95*	88.05*	17.74
Hormone × Concentration	12	43.75*	39.32*	4.81
Résiduelle	44	22.37	22.43	12.69

Au cours de la période d'expérimentation, le mois d'octobre a enregistré la plus forte pluviométrie avec 282 mm sur 15 jours de pluie. Sur les 11 mois de la période, les mois de décembre et janvier n'ont pas enregistré de précipitations (Figure 1). Le mois de février a enregistré la température la plus élevée (35,3 oC), tandis que celui d'août a enregistré la température la plus basse (27,7 oC).

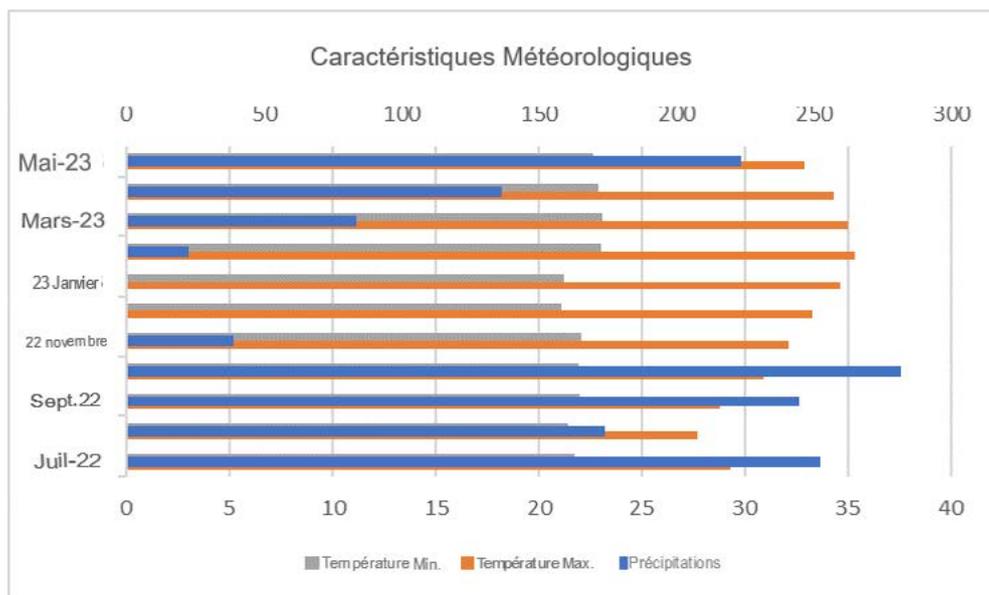


Figure 1 : Pluies et températures sur le site expérimental de Wenchi

3.0 Discussion

Dans l'étude, les effets significatifs de l'interaction hormone × concentration sur le rendement et le poids des noix des anacardiens indiquent que les anacardiens présentent des différences de réponse à l'application d'hormones exogènes à différentes concentrations. Il en ressort donc que les hormones appliquées ont une influence considérable sur le rendement et le poids des noix des anacardiens. En effet, la sélection et l'application des bonnes hormones aux concentrations appropriées pourraient représenter l'une des meilleures stratégies permettant d'améliorer le rendement. Le rendement le plus élevé obtenu pour l'éthéphon à 50 mg L⁻¹ et le GA3 à 100 mg L⁻¹, 150 et 200 mg L⁻¹ et le poids le plus élevé des noix obtenu avec l'ANA à 100 mg L⁻¹ et le 2,4-D à 200 mg L⁻¹ laissent penser que les anacardiens peuvent répondre à plus d'une hormone pour le rendement à une concentration particulière. Ces constatations concordent avec celles des auteurs Aliyu et al., (2011) des rapports sur les effets significatifs de l'interaction hormone x concentration sur le rendement en noix et les caractéristiques de floraison chez l'anacardier. En outre, la fourchette de 100 à 200 mg L⁻¹ de GA3 en réponse au rendement dans la présente étude est conforme à celle proposée par Aliyu et al., (2011) que l'application foliaire de l'hormone exogène GA3 présentait une large tolérance de concentration pour le rendement des noix de cajou (Aliyu et al., 2011). Les anacardiens traités à l'hormone GA3 ont enregistré un rendement supérieur de 50 % à ceux traités au 2,4-D et de 120 % à ceux du groupe témoin. D'autre part, les traitements à l'hormone ANA ont permis d'obtenir des noix d'un poids supérieur de 10 % à celui de l'éthéphon et de 5,2 % à celui de l'anacardier témoin. Ces résultats indiquent que la productivité des anacardiens pourrait dépendre du type d'hormone exogène appliqué. De même, les observations correspondent aux rapports Othman et Leskovar (2022) sur l'application foliaire de l'acide gibbérellique. On a constaté que le GA3 et l'ANA permettaient d'augmenter la photosynthèse foliaire, la surface foliaire, le taux de croissance et l'efficacité de l'utilisation de l'azote par rapport aux plantes non traitées (Miceli et al., 2019). Par ailleurs, Aliyu et al. (2011) ont également mis en évidence une augmentation du poids des noix des anacardiens traités avec l'hormone GA3. L'étude actuelle révèle un effet significatif de l'ANA dans l'amélioration du poids des noix des anacardiens matures et les constatations sont conformes à celles de Basuchaudhuri (2016) qui ont indiqué une hausse du poids des semences de riz.

4. Conclusion

Les résultats ont révélé des effets significatifs de l'hormone, de la concentration et de l'hormone x concentration sur le rendement et le poids des noix. L'absence d'effets significatifs de l'hormone, de la concentration et de l'interaction hormone x concentration sur la production dans l'étude actuelle indique qu'il est nécessaire de rechercher d'autres hormones. Les résultats de notre étude, bien que préliminaires, laissent penser que l'application foliaire d'hormones exogènes aux anacardiens matures a le potentiel d'augmenter le rendement et la qualité des noix pour une production durable de noix de cajou.

References

- ACA (2011). Predicting the Impact of Climate Change on Cashew Growing Regions in Ghana and Cote d'Ivoire
- Aliyu, O. & Awopetu, J. (2007). Multivariate analysis of cashew (*Anacardium occidentale* L.) germplasm in Nigeria. *Silvae Genetica* 56(1-6): 170-179.
- Aliyu, O. M., Adeigbe, O. O. & Awopetu, J. A. (2011). Foliar application of the exogenous plant hormones at pre-blooming stage improves flowering and fruiting in cashew (*Anacardium occidentale* L.). *Journal of Crop Science and Biotechnology* 14(2): 143-150.
- Basuchaudhuri, P. (2016). 1-Naphthaleneacetic acid in rice cultivation. *Current Science* 110(1): 52-56.
- Bello, D., Ahoton, L., Saidu, A., Akponikpè, I., Ezin, V., Balogoun, I. & 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(3): 924-946.
- Chacko, E. K., Baker, I. & Downton, J. (1990). Towards a sustainable cashew industry for Australia. *Agricultural Science* 3: 39-43.
- Dokoozlian, N. K. & Peacock, W. L. (2001). Gibberellic Acid Applied at Bloom Reduces Fruit Set and Improves Size of 'Crimson Seedless' Table Grapes. *HortScience HortSci* 36(4): 706-709.
- ELOtmani (1992). Principal growth regulator uses in citrus production. In Proc. 2nd Seminar on Citrus Physiology, 55-69 (Ed B. Ed.). Cargill.
- FAO (2008). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Crop Production Statistics Division. Vol. 2023 Italy, Rome: FAO.
- FAO (2019). Production of cashew nut with shell. Vol. 2021, GLOBAL CASHEW PRODUCTION STATISTICS: FAO.
- Foltan, H. & Lüdders, P. (1995). Flowering, fruit set, and genotype compatibility in cashew. *Angewandte Botanik* 69(5/6): 215-220.
- GSS (2005). Ghana - Population and Housing Census 2000. Vol. 2023 Accra, Ghana: Ghana Statistical Service.
- Heard, T., Vithanage, V. & Chacko, E. (1990). Pollination biology of cashew in the Northern Territory of Australia. *Australian Journal of Agricultural Research* 41(6): 1101-1114.
- Masawe, P., Cundall, E. & Caligari, P. (1996). Distribution of cashew flower sex-types between clones and sides of tree canopies in Tanzania. *Annals of Botany* 78(5): 553-558.
- Miceli, A., Moncada, A., Sabatino, L. & Vetrano, F. (2019). Effect of Gibberellic Acid on Growth, Yield, and Quality of Leaf Lettuce and Rocket Grown in a Floating System. *Agronomy* 9(7): 382.
- Othman, Y. A. & Leskovar, D. I. (2022). Foliar application of gibberellic acid improves yield and head phenolic compounds in globe artichoke. *Scientia horticulturae* 301: 111115.
- Parameswaran, N. (1979). Factors affecting yield in cashew (*Anacardium occidentale* L.). Department of Horticulture (Pomology & Floriculture and Landscaping
- Ramírez, F. & Davenport, T. L. (2010). Mango (*Mangifera indica* L.) flowering physiology. *Scientia horticulturae* 126(2): 65-72.
- Rupa, T. R., Rejani, R. & Bhat, M. G. (2013). Impact of Climate Change on Cashew and Adaptation Strategies. In *Climate-Resilient Horticulture: Adaptation and Mitigation Strategies*, 189-198 (Eds H. C. P. Singh, N. K. S. Rao and K. S. Shivashankar). India: Springer India.
- Schuch, U. K., Fuchigami, L. H. & Nagao, M. A. (1990). Gibberellic acid causes earlier flowering and synchronizes fruit ripening of coffee. *Plant Growth Regulation* 9(1): 59-64.



EFFET DE L'APPLICATION D'ENGRAIS RICHES EN AZOTE (N) ET EN POTASSIUM (K) SUR LE RENDEMENT DES NOIX DE CAJOU ET LES PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DU SOL À OCHAJA, DANS L'ÉTAT DE KOGI, AU NIGÉRIA

Ibiremo, O. S.; Akanbi, O.S. O

Institut nigérian de recherche sur le cacao (CRIN), Ibadan - État d'Oyo, Nigéria

Résumé

L'expérience a été réalisée à la sous-station d'Ochaja de l'Institut nigérian de recherche sur le cacao, à Ibadan. Les besoins en éléments nutritifs du sol de la plantation ont été déterminés avant l'application des engrais nécessaires. Le sol présentait une carence en azote (N) et en potassium (K), avec des valeurs de 0,41 g/kg-1 sol et de 0,012 cmolc/kg-1 sol, respectivement, à des profondeurs de 0-20 cm et 20-40 cm. Ces valeurs ont servi à calculer les taux de fertilisation des noix de cajou, soit 54 kg N/ha et 84 kg K₂O/ha-1. Quatre combinaisons de traitements comportant deux doses d'engrais riches en azote et deux doses d'engrais riches en potassium ont été formulées et appliquées aux jeunes anacardiens sur le terrain. L'engrais riche en azote (Urée) a été appliqué à 0 et 54 kg Nha-1 tandis que l'engrais riche en potassium (Muriate de potasse) a été appliqué à 0 et 84 kg Kha-1. L'expérience a été réalisée selon un dispositif en blocs aléatoires complets (RCBD) avec trois répétitions. La première dose a été appliquée en juin et la seconde a été appliquée au mois de septembre des années 2019 et 2020. Des données ont été collectées sur le rendement des noix et les propriétés nutritives du sol. L'application d'engrais riche en azote (N) a permis d'accroître de manière significative le pH du sol aux deux profondeurs du sol de 0-20 cm et de 20-40 cm par rapport au témoin. Plus précisément, l'application d'engrais à base de potassium, associé ou non à de l'engrais riche en azote, a entraîné une augmentation du pH du sol de 5,4 %. L'application d'engrais riche en potassium (K) a entraîné une augmentation significative de la teneur en azote du sol par rapport aux autres traitements ($P < 0,05$). La teneur totale en azote (N) était comprise entre 0,5 g/kg et 0,7 g/kg-1 pour les traitements à base d'engrais. Les engrais riches en azote (N) et en potassium (K) n'ont pas amélioré de manière significative le phosphore assimilable dans les traitements de fertilisation. Le potassium (K) échangeable dans le sol a suivi une tendance similaire à celle du phosphore (P) assimilable dans différents traitements. Le rendement des noix de cajou a connu une amélioration significative ($P < 0,05$) grâce à l'application d'un engrais azoté (N) sans apport de potassium (K) et de témoin. L'application de nutriments pauvres en azote uniquement a permis d'obtenir de meilleurs résultats en termes d'efficacité que l'application extensive d'engrais sans recourir à la fertilité naturelle du sol.

Mots-clés : cajou, sol, nutriments, carence, productivité.

1. Introduction

Le cajou est une culture de rente importante qui possède un immense potentiel en tant que source de devises au Nigéria. Le cajou est souvent cultivé sur des sols pauvres, ce qui entrave sa survie et sa culture (Topper, et al. 2001). Dans la plupart des plantations de cajou, les engrais ne font pas partie du système d'intrants de production, de sorte que la productivité dépend fortement de la richesse naturelle du sol (Ibiremo et al., 2017 ; Agbongiarhuoyi, et al., 2014). Ainsi, le sol sur lequel est cultivé le cajou a été préservé par l'état inhérent des nutriments et la culture est susceptible de ne pas atteindre son plein potentiel de récolte.

Les engrais sont rarement utilisés dans la production de cajou, et lorsqu'ils le sont, ils sont appliqués de manière généralisée. Cette pratique entraîne une surfertilisation à certains endroits et une sous-fertilisation à d'autres, ou se traduit par un déséquilibre des teneurs en éléments nutritifs du sol (Bruuselman et al. 2012). La fertilisation est donc inévitable pour compenser l'épuisement des éléments nutritifs du sol lors de la récolte annuelle des pommes et des noix. La gestion des engrais spécifiques au site (SSFM) permet une utilisation plus efficace des éléments nutritifs et un meilleur rendement des investissements en engrais (Ortiz-Monasterio et Raun 2007). Le sol de la sous-station d'Ochaja est pauvre en azote et en potassium et, pour une gestion efficace du sol, des engrais supplémentaires à base d'azote et de potassium pourraient permettre d'accroître la production. Par tradition, parmi les quelques exploitants agricoles qui ont recours aux engrais pour leurs cultures au Nigéria, l'utilisation d'engrais solides dont la teneur en azote, en phosphore et en potassium sont les principaux éléments nutritifs est monnaie courante. Cette étude visait donc à évaluer les effets des applications d'engrais riches en azote (N) et en potassium (K) et leurs effets sur les propriétés du sol, sur la base des valeurs d'analyse du sol, sur le rendement des noix de cajou.

2. Matériels et méthodes

La plantation de cajou de la sous-station d'Ochaja qui a servi à l'expérience a été scindée en deux blocs (A et B) et des échantillons de sol ont été prélevés de manière aléatoire dans chaque bloc pour constituer les échantillons composites à des profondeurs de sol de 0-20 cm et 20-40 cm. Ces échantillons ont fait l'objet de traitement et d'analyse de leurs propriétés physiques et chimiques selon des procédures standard de laboratoires conformes au Manuel de laboratoire de l'IITA (1982). Le calcul des doses d'engrais s'est fait sur la base des résultats de l'analyse d'échantillons de sol prélevés à des profondeurs de 0 à 40 cm. Le calcul des doses d'engrais s'est fait sur la base des résultats de l'analyse d'échantillons de sol prélevés à des profondeurs de 0 à 40 cm. Les résultats de l'analyse du sol ont indiqué que la teneur totale en azote était de 0,04 g/kg sol, ce qui n'est pas suffisant pour nourrir la plante, étant donné qu'elle a besoin de 1 g/kg sol, et que la teneur en phosphore (P) assimilable était adéquate, tandis que le potassium échangeable était également limité, avec une valeur de 0,012 cmol/kg-1, ce qui est nettement inférieur au seuil critique de 0,12 cmol/kg-1 sol. Quatre combinaisons de traitement à deux doses d'engrais azotés et potassiques contenant de l'urée et du muriate de potasse comme sources d'azote et de potassium respectivement ont été formulées et appliquées à de jeunes anacardiens de quatre ans sur le terrain. Les engrais azotés ont été appliqués à 0 et 54 kg Nha-1, les engrais potassiques à 0 et 84 kg Kha-1, traitements ont été placés en trois répétitions en RCBD. Le rendement des noix de cajou et les propriétés nutritives du sol ont été

mesurés. Les engrais ont fait l'objet de deux applications fractionnées. La première dose a été appliquée en juin et la seconde a été appliquée au mois de septembre des années 2019 et 2020. Les données collectées ont été soumises à l'ANOVA et les moyennes ont été séparées à l'aide de LSD avec une probabilité de 5 %.

3. Résultats et analyse

Analyse du sol avant la culture

Les propriétés du sol avant la culture ont indiqué qu'il s'agissait d'un milieu sablonneux, présentant des valeurs moyennes de 888, 20, et 92 g/kg sol, pour le sable, le limon et l'argile, respectivement (Tableau 1). Le pH était légèrement acide et pratiquement neutre, avec une moyenne de 6,7, et le carbone organique (CO) était faible, avec une moyenne de 0,82 g/kg sol. Le CO du bloc B était plus élevé que le CO du bloc A. La teneur totale en azote du sol était de 0,41 gkg-1 sol ce qui est inférieur à la valeur critique de 1 gkg-1 sol (Egbe et al. 1989). Une carence de 0,6 gkg-1 sol a nécessité un apport en azote (N) de 54 kg pour une production optimale, alors que la teneur moyenne en phosphore (P) était de 5,28 mgkg-1 sol. Cette valeur est supérieure au niveau requis par le cajou pour une productivité optimale. La valeur moyenne du potassium était de 0,012 cmolkg-1 sol. Un déficit de 0,108 cmolkg-1 nécessite un apport de 84 kgha-1. Le calcium échangeable variait de 1,26 à 2,26 cmolkg-1 à des profondeurs de sol de 0 à 40 cm, avec une moyenne de 1,68 cmolkg-1. Le Mg échangeable variait de 0,25 à 0,35 cmolkg-1 sol avec une moyenne de 0,29 cmolkg-1 sol.

Effets des engrais azotés (urée) et potassiques (muriate de potasse) sur le pH du sol

Les deux profondeurs de sol (0-20 et 20-40 cm) ont vu leur pH affecté de manière significative ($p < 0,05$) par l'application d'engrais azotés et potassiques (Tableau 2). Les engrais à base d'urée (N) et de muriate de potasse (MOP) ont permis d'augmenter le pH de manière significative dans les deux profondeurs du sol par rapport au témoin, mais l'application d'urée (N) seule a semblé augmenter l'acidité dans le sous-sol (20-40 cm). La baisse du pH pourrait être due aux propriétés de l'engrais à base d'urée qui fait baisser le pH du sol, selon les observations d'Agbede (2009).

Influence de l'application d'engrais riches en azote (N) et en potassium (K) sur la teneur en azote du sol

Les parcelles témoins (T1) et celles traitées avec l'engrais à base de potassium (K) présentaient une valeur en azote (N) nettement ($P < 0,05$) plus élevée de 0,07gkg-1 sol que les parcelles où l'urée (N) seule et associée au muriate de potasse (MOP) était appliquée à une profondeur de 0 à 20 cm. Toutefois, la valeur en azote (N) du témoin et des parcelles traitées avec des engrais azotés (N) et potassiques (K) seuls était plus faible que lorsque l'azote (N) et le potassium (K) étaient appliqués simultanément, mais aucune différence significative n'a été observée entre les valeurs à une profondeur de 20-40 cm. L'azote est susceptible de subir une lixiviation dans les sols sablonneux, étant donné qu'il est emporté par l'écoulement de l'eau à travers la structure poreuse (Agriculture Victoria, 2023). Une forte teneur en sable dans le sol pourrait retenir l'eau et être responsable de la faible rétention de l'azote (N) appliqué, ce qui est en accord avec le fait que les sols à texture sablonneuse ont généralement une capacité de rétention limitée des éléments nutritifs (Agbede, 2009). Cette observation est donc en contradiction avec l'observation générale faite par Adejumo (2010), selon laquelle l'application d'urée a entraîné une augmentation de la teneur totale du sol en azote (N)

Effets de l'application d'engrais azotée N (Urée) et potassique (Muriate de potasse) sur le phosphore dans le sol

L'application d'engrais à base d'urée et de potassium a réduit de manière significative la quantité de phosphore assimilable dans le sol, indépendamment des profondeurs (Tableau 2). Les parcelles où l'on n'a pas appliqué d'engrais avaient la plus grande quantité de phosphore (P) assimilable dans le sol par rapport aux autres parcelles où l'on a ajouté de l'engrais. Une tendance similaire a été observée aux deux profondeurs (0 - 20 et 20 - 40 cm) avec les parcelles témoins enregistrant les valeurs moyennes de 11,17 et 10,35 mg/kg sol respectivement (Tableau 2). La teneur en phosphore (P) assimilable dans les parcelles était la plus élevée (11,17 et 10,35) sur les parcelles témoins et la plus basse (7,39 et 8,98) sur les parcelles ayant reçu un apport en potassium (T3) aux deux profondeurs dans l'ordre ci-après : Témoin (T1) > T2 > T4 > T3 et Témoin (T1) > T4 > T2 > T3 à des profondeurs respectives de 0 à 20 cm et de 20 à 40 cm.

Influence de l'application d'engrais à base d'urée et de potassium sur la teneur du sol en potassium (K)

Une tendance similaire a été observée dans la quantité de potassium (K) échangeable dans le sol sous l'effet des engrais à base de potassium (K) et d'urée. La parcelle témoin a enregistré les valeurs moyennes de potassium (K) les plus élevées par rapport aux autres parcelles où des engrais à base d'urée et de potassium (K) ont été appliqués, indépendamment du fait que les engrais aient été appliqués seuls ou en combinaison. Les parcelles T2 et T3 ont enregistré des effets similaires (0,14 cmolkg-1 sol) à une profondeur de 0 à 20 cm (Tableau 2). Cette valeur était nettement ($p < 0,05$) plus élevée que celle de la parcelle T4. À une profondeur de 20 à 40 cm, la parcelle T2 a produit une quantité de potassium (K) dans le sol nettement plus élevée ($p < 0,05$) que les autres (Tableau 2).

Influence de l'application d'engrais à base d'urée et de potassium sur les noix de cajou brutes

L'application de l'engrais azoté N (Urée) a favorisé le rendement des noix de cajou, ce qui s'est traduit par une augmentation du nombre de noix de cajou. Le rendement en noix de cajou s'est amélioré de manière significative ($P < .05$) grâce à l'application d'engrais azotés par rapport à l'application d'engrais potassiques de manière isolée ou combinée et par rapport à la parcelle témoin (Figure 1). Par rapport aux autres types d'engrais, les parcelles de noix de cajou traitées avec un seul engrais à base d'urée (T2) ont affiché un rendement nettement supérieur, ce qui confirme les conclusions tirées par Adejumo (2010) et Babu et al. (2015) sur l'influence de l'azote (N) et du potassium (K)

sur la croissance végétative et reproductive de la culture. Leurs études distinctes sur l'application d'azote et de potassium font état d'effets positifs sur la productivité, la rentabilité et l'efficacité de l'utilisation des éléments nutritifs du blé irrigué (*Triticum aestivum* L.). De même, Sandeep et al. (2022) ont révélé que la productivité du blé, la croissance de la plante et les attributs du rendement, l'absorption des éléments nutritifs et l'efficacité de leur utilisation augmentaient de manière significative ($p < 0.05$) avec l'application d'engrais azotés. Cette observation corrobore les résultats obtenus par Adejumo (2010) qui indiquent que l'application d'engrais NPK a permis un accroissement significatif du rendement des noix de cajou par rapport au témoin, bien que l'effet d'interaction de l'application de l'azote (N) et du potassium (K) n'ait pas été significatif d'un point de vue statistique ($p < 0.05$).

Table 1: Baseline soil physical and chemical properties of the cashew plot

Bloc	Profondeur du sol (cm)	Sable gkg^{-1} sol	Limon gkg^{-1} sol	Argile gkg^{-1} sol	pH	C.O. gkg^{-1}	Teneur totale en N gkg^{-1}	Ava.P $mgkg^{-1}$	Exch K+ $cmolkg^{-1}$	Exch Ca ²⁺ $cmolkg^{-1}$	Exch Mg ²⁺ $cmolkg^{-1}$	CEC $cmolkg^{-1}$	Saturation de la base (%)
A1	0-20	885.20	22.80	92.00	6.7	0.78	0.07	5.03	0.012	2.26	0.35	2.78	95.83
A2	20-40	895.20	12.80	92.00	6.8	0.66	0.02	5.20	0.011	1.73	0.29	2.18	95.05
B1	0-20	895.20	12.80	92.00	6.6	0.97	0.05	5.35	0.012	1.26	0.27	1.70	92.81
B2	20-40	875.20	32.80	92.00	6.7	0.86	0.02	5.55	0.012	1.34	0.25	1.15	91.62
	Mean x	887.70	20.30	92.00	6.7	0.82	0.04	5.28	0.012	1.65	0.29	1.95	93.83

Tableau 2 : Influence des engrais riches en azote et en potassium sur certaines propriétés chimiques du sol dans la parcelle de cajou d'Ochaja.

Traitement	pH (H ₂ O)		Teneur totale en N (gkg^{-1})		P assimilable ($mgkg^{-1}$)		K échangeable ($cmolkg^{-1}$)	
	0-20cm	20-40cm	0-20cm	20-40cm	0-20cm	20-40cm	0-20cm	20-40cm
Profondeur du sol								
N ₀ K ₀ -T1(Control)	5.13	4.94	0.07	0.03	11.17	10.35	0.16	0.10
N ₁ K ₀ -T2	5.77	4.77	0.05	0.03	10.22	9.74	0.14	0.11
N ₀ K ₁ -T3	5.27	5.17	0.07	0.03	7.39	8.98	0.14	0.09
N ₁ K ₁ -T4	5.54	5.37	0.05	0.04	9.37	10.32	0.13	0.10
LSD (P<0.05)	0.19	0.20	0.01	0.02	0.72	0.60	0.01	0.01

Légende: N₀K₀-T1 (Control); N₁K₀-T2, N₀K₁-T3, N₁K₁-T4

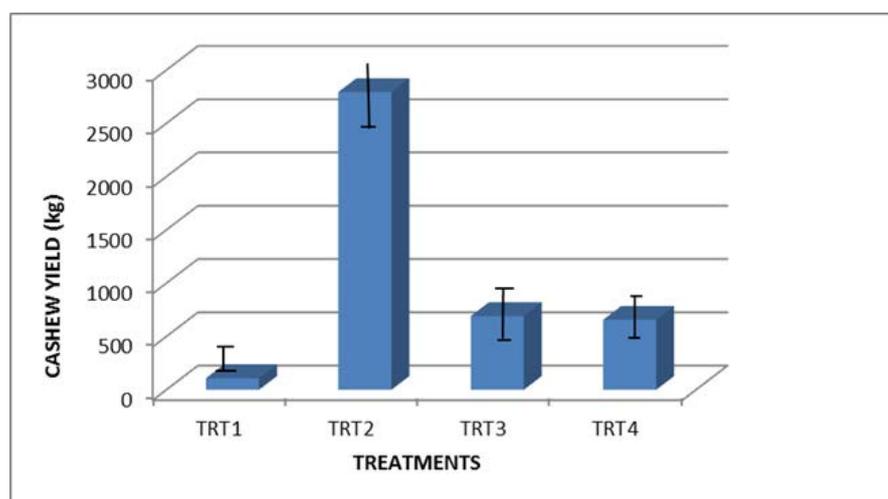


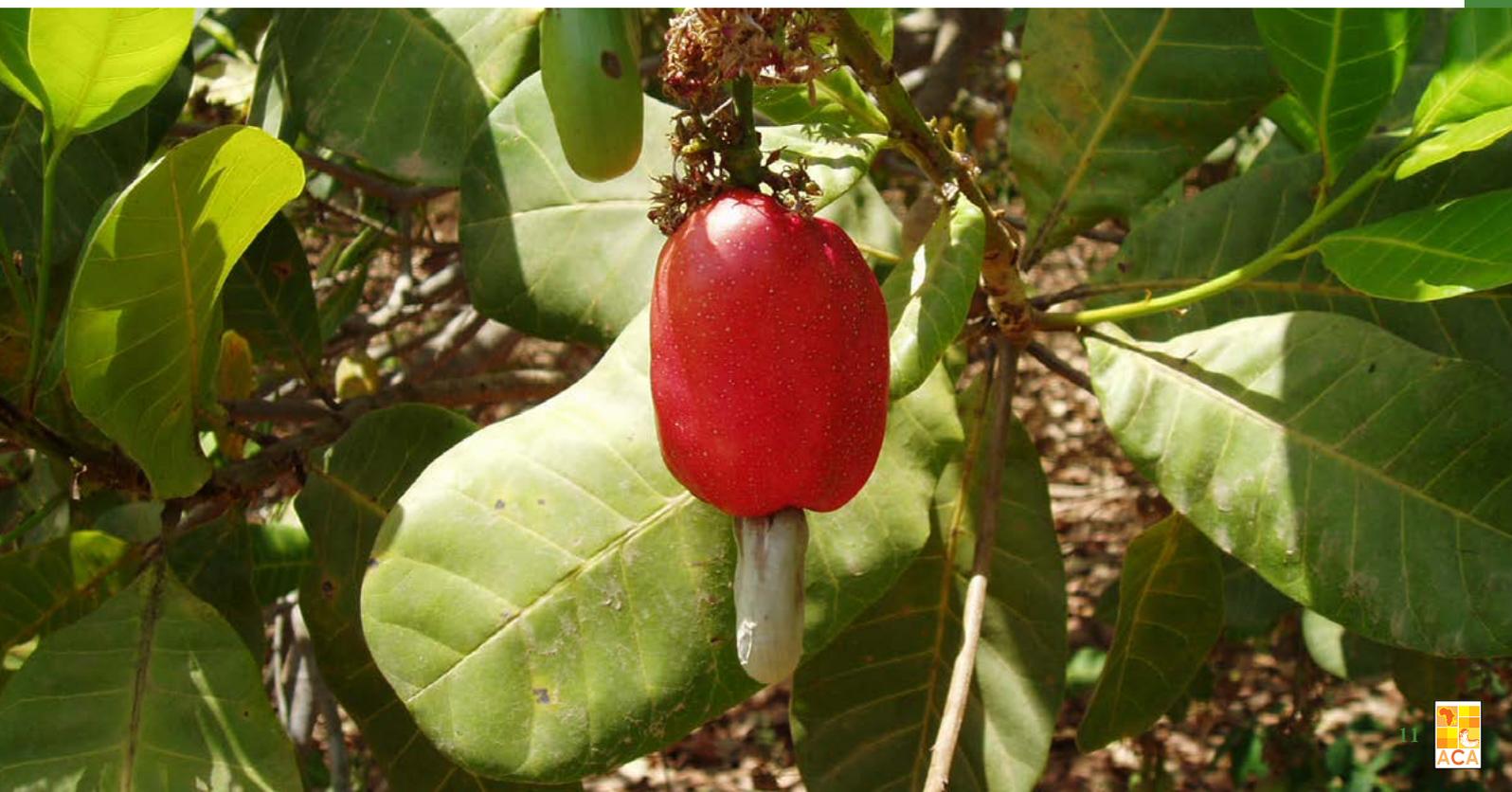
Figure 1: Effects of Nitrogen and Phosphorus based fertilizer on raw cashew yield (kg)

Conclusion

L'application d'engrais sur la base des résultats de l'analyse du sol et des besoins du site permet d'obtenir des résultats optimaux en termes d'efficacité de l'utilisation des engrais, de meilleurs rendements des cultures par rapport à l'application généralisée d'engrais sans recours aux éléments nutritifs inhérents au sol. Ainsi, l'application d'engrais azotés (N) a permis d'améliorer le rendement des noix de cajou, bien plus que lorsqu'ils sont appliqués de manière combinée avec l'engrais potassique (K). L'application d'engrais riches en azote (N) et en potassium (K) a permis d'augmenter le pH du sol par rapport au témoin.

Références

- Adejumo, O.O (2010). Effect of NPK fertilization on yield and inflorescence blight of cashew (*Anacardium occidentale*). *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development* Vol. 2 (5), pp. 66-70, May 2010 Available online <http://www.academicjournals.org/JABSD> ISSN – 2141 – 2340 © 2010 Academic Journals
- Agbede, O.O (2009). *Understanding soil and plant nutrition*, 1st ed. Salma Press Nig. Ltd, Keffi-Nasarawa State
- Agbongiarhuoyi, E., Uwagboe, E. O., Ibiremo, O. S., Olasupo, F. O. and Aigbekaen, E. O. (2014). Assessment of Factors Associated with Low Yield of Cashew among Farmers in Growing Areas of Nigeria. *American Journal of Experimental Agriculture* 6(4): 258-266.
- AgricultureVictoria (2023): Sandy textured soils generally have limited nutrient holding capacity. Nitrogen is prone to leaching in sandy soils as water flows through the more porous structure. <https://agriculture.vic.gov.au/>
- Babu, V., Reddy, M.N.N., Rajanna, K.M. and Vidya, M. (2015). Performance of cashew to NPK fertilizers . *Acta Hortic.* 1080, 291-294; DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1080.37
- Bruuselma, T.W, Fixen, P.E, Sulewski, G.D (eds) (2012). *4R Plant Nutrition Manual: A manual for improving the management of plant nutrition*. International Plant Nutrition Institute(IPNI) Norcross, GA, USA
- Egbe, N.E; Ayodele, E.A and Obatolu, C.R. (1989). *Soils nutrition Cacao, Coffee, Kola, Cashew and Tea*. Progress in tree Crops Research, Eds., Olunloyo, A.O and E.B Esan., Cocoa Research Institute of Nigeria printing press, Ibadan 28-38.
- Ibiremo, O. S. and Iloyanomom, C. I. (2015). Cashew soil requirements and fertilizer management for optimum productivity: In *Training Manual on Good Agricultural Practices in the management of cashew farms in Nigeria* edited by Agbeniyi, S.O and Uwagboe, E.O: Pp; 18-21.
- Ibiremo O. S, Iloyanomom C. I, Oloyede A. A, Lawal J. O and I. Alhassan I. (2017). Strengthening Cocoa Production through Site Specific Fertilizer Recommendation in Five Local Government Areas of Cross River State, Nigeria. *Journal of Agriculture and Ecology Research International* 13(4): 1-11.
- International Institute of Tropical Agriculture (IITA, 1982). *Automated semi-automated methods of soil and plant analysis manual*, Series No.7. IITA, Ibadan, Nigeria: 79.
- Ortiz-Monasterio, JI and Raun, W (2007). Reduced nitrogen and improved farm income for irrigated spring wheat in Yaqui Valley, Mexico, using sensor based nitrogen management. *J.Agric.Sci.* 145: 215-222. Doi:10.1017/S0021859607006995.
- Sandeep Sharma; Gagandeep Kaur; Pritpal Singh; Pritpal Singh; Saud Alamri; Ritesh Kumar; Manzer H. Siddiqui; (2022) Nitrogen and potassium application effects on productivity, profitability and nutrient use efficiency of irrigated wheat (*Triticum aestivum* L.). *PLoS One.* 2022; 17(5): e0264210. Published online 2022 May 24. doi: 10.1371/journal.pone.0264210
- Topper, C.P., Caligari, P.D.S., Camara, M., Diaora, S., Djaha, A., Coulibay, F., Asante, A.K., Boamah, A., Ayodele, E.A. and Adebola, P.O. (2001). West Africa regional cashew survey report Guinea, Guinea Bissau, Cote d'Ivoire, Ghana and Nigeria). Sustainable Tree Crop Programme (STCP) and Biohybrids Agrisystem Ltd. U.K. 110.



RENDEMENT DES NOIX DE CAJOU (ANACARDIUM OCCIDENTALE L.) INFLUENCÉ PAR LES ENGRAIS NPK ET L'ÂGE DE LA PLANTATION DANS LE NORD DU GHANA

A. Arthur*, J. A. Dogbatse, P. K.K. Adu-Gyamfi and A. K. Quaye

Cocoa Research Institute of Ghana, P.O. Box 8, New Tafo-Akim

*Corresponding author: alfredarthur76@yahoo.com

Résumé

La culture du cajou a démarré au Ghana dans les années 1960. En raison de la piètre qualité des génotypes, les premières introductions d'anacardiens ont donné lieu à de vastes étendues d'exploitations à faible rendement. Ce problème est exacerbé par la récolte des noix et des pommes de cajou qui appauvrit de manière progressive le sol en nutriments végétaux. Afin d'inverser cette tendance, l'application d'engrais est essentielle pour améliorer la fertilité du sol et accroître le rendement des noix de cajou. Une étude a été réalisée dans la sous-station de l'Institut ghanéen de recherche sur le cacao, à Bole, dans l'agroécologie de la savane guinéenne du Ghana. L'objectif était d'étudier l'effet de différentes formulations d'engrais NPK sur le rendement en noix des plantations d'anacardiens de différentes catégories d'âge. Quatre catégories d'âge de plantations d'anacardiens d'origine inconnue et établies à partir de semis ont été sélectionnées et utilisées pour l'étude. Les catégories d'âge étaient respectivement de 4, 6, 8 et 10 ans. Six formulations d'engrais, à savoir : F1-Contrôle, F2-100 kg N+40 kg P₂O₅+40 kg K₂O ha⁻¹, F3-125 kg N+60 kg P₂O₅+60 kg K₂O ha⁻¹, F4-150 kg N+80 kg P₂O₅+80 kg K₂O ha⁻¹, F5-175 kg N+100 kg P₂O₅+100 kg K₂O ha⁻¹, F6- 200 kg N+120 kg P₂O₅+120 kg K₂O ha⁻¹, ont été soumises à l'étude. L'essai a été organisé selon un plan factoriel 4 x 6 et disposé en bloc complet aléatoire et répété à trois reprises. Les engrais ont été appliqués en anneau en une seule fois dans des jauges peu profondes à la lisière des canopées en juillet de chaque année. Les données sur le rendement en noix ont été collectées pendant six années consécutives. Les anacardiens ayant reçu des quantités élevées d'engrais, en particulier ceux de la catégorie F6, ont donné un rendement en noix significativement plus élevé ($p < 0,05$) (329,7-488,3 kg ha⁻¹), témoin enregistrant le rendement le plus faible (163,9-275,8 kg ha⁻¹) dans toutes les quatre catégories d'âge. Les rendements moyens en noix sur six ans étaient les plus élevés pour la plantation âgée de 10 ans (275,8-488,3 kg ha⁻¹) et les plus faibles pour celle âgée de six ans (180,4-329,7 kg ha⁻¹). Les résultats ont démontré qu'on pourrait obtenir un rendement élevé en noix de cajou avec du matériel végétal amélioré ou les meilleurs matériaux végétaux et l'application d'engrais.

Mots-clés : Formulation d'engrais, éléments nutritifs des plantes, catégories d'âge, cajou

1.0 Introduction

La culture du cajou a démarré au Ghana dans les années 1960 dans le cadre du programme gouvernemental de boisement de la savane qui a abouti à la création de plantations de cajou dans les ceintures de la savane côtière des régions du Grand Accra et du Centre et dans la transition de la savane forestière de la région de Brong Ahafo (Addaquay et Nyamekye-Boamah, 1998). En raison de la piètre qualité des génotypes, les premières introductions d'anacardiens ont donné lieu à de vastes étendues d'exploitations à faible rendement. Ce problème est exacerbé par la récolte des noix et des pommes de cajou qui appauvrit de manière progressive le sol en nutriments végétaux. Par exemple, la perte d'éléments nutritifs essentiels attribuable à l'élimination d'un kilogramme de fruits de cajou (noix et pommes) est estimée à environ 64, 2 et 25 g de N, P et K respectivement (Bhaskar et al, 1995), ce qui se traduit par des quantités énormes par hectare. Ces nutriments peuvent être restitués au sol par des applications d'engrais. On a constaté que l'application d'engrais inorganiques augmentait de manière significative la croissance et le rendement de cajou (Kumar et Sreedharan, 1998 ; Mahanthesh et Melanta, 1994). Toutefois, au Ghana, la pratique habituelle consiste à retirer les pommes et les noix de cajou sans remplacer les nutriments du sol. Un programme visant à améliorer la production de cajou au Ghana a été lancé en 2004. Un élément essentiel du programme consistait à renouveler les exploitations à faible rendement en remplaçant le couvert végétal ou en reconstituant les plantations. Avant que ces stratégies de renouvellement puissent être pleinement opérationnelles, il convient de trouver des moyens d'améliorer les rendements de cajou matures existantes. L'une des stratégies envisageables est l'application d'engrais inorganiques. Par rapport à d'autres sources d'éléments nutritifs pour les plantes, les engrais inorganiques constituent des sources concentrées de ces éléments, mais leur utilisation est limitée par leur coût élevé. L'application d'engrais azotés à base de sulfate d'ammoniac et de fumier organique a permis d'améliorer la croissance des jeunes anacardiens dans le Nord du Ghana (Opoku-Ameyaw et al., 2000 ; Arthur et al., 2022). L'application d'azote a le plus grand effet d'augmentation du rendement lorsqu'elle est effectuée pendant la phase de croissance végétative, permettant ainsi de réduire la floraison tardive et la chute des noix (O'Farrell et al., 2010), tandis que les applications de phosphore et de soufre se sont avérées avoir un effet positif sur la croissance des plantes et la production de noix (Grundon, 1999). Les éléments nutritifs retirés du sol en raison de la récolte des fruits et des pseudo-fruits doivent être pris en compte dans la planification de l'application d'engrais (Dendena et Corsi, 2014). Par conséquent, l'application de 500 g N, 125 g P₂O₅, et 125 g K₂O anacardier-1 par an en deux doses fractionnées a été recommandée en supposant un rendement annuel moyen en noix de 5 à 10 kg anacardier-1 (Panda, 2013). L'intérêt d'un exploitant agricole pour l'agriculture est lié à l'importance de la récolte annuelle et, pour ce faire, le sol doit être bien entretenu et conservé. Le Ghana dans son ensemble est confronté à un problème de gestion des sols et, en particulier, les exploitants agricoles qui cultivent ce produit de base (cajou) sont confrontés à un problème de faible rendement des cultures en raison de l'incapacité à mettre en œuvre des pratiques de gestion des sols pour maintenir la fertilité du sol. Par conséquent, toute mesure prise visant à gérer la fertilité du sol contribuera grandement à améliorer la croissance et le rendement de cette culture ainsi que le bien-être général des exploitants agricoles. Compte tenu de l'importance de cette culture de base pour la subsistance des exploitants agricoles et l'économie du pays, il est très important de déployer des efforts concertés pour améliorer son rendement et d'accroître la production par unité de superficie. Par conséquent, une enquête a été menée dans le but d'évaluer l'influence des engrais NPK sur le rendement en noix de cajou des anacardiens de différents âges n'ayant pas reçu d'engrais depuis leur création, afin de déterminer la formulation d'engrais nécessaire à l'amélioration du rendement.

2.0 Matériel et méthodes

2.1 Sites d'études

L'étude a été réalisée dans la sous-station de l'Institut ghanéen de recherche sur le cacao, à Bole, dans l'agroécologie de la savane guinéenne du Ghana de 2008 à 2014.

2.2 Échantillonnage et analyses du sol

Des échantillons de sol ont été prélevés à deux profondeurs distinctes, de 0 à 15 cm et de 15 à 30 cm, respectivement, avant l'application des engrais. Les échantillons de sol prélevés ont été placés dans des sacs en polyéthylène, étiquetés correctement et transmis au laboratoire pour la détermination des propriétés physico-chimiques. Les échantillons ont été séchés à l'air, broyés et passés au travers d'un tamis de 2 mm de maille et conservés à des fins d'analyse. Le pH du sol a été déterminé à l'aide d'un appareil de mesure Sontex pH/Temp (SP-701) dans un rapport sol/eau de 1:2,5. Le carbone organique du sol a été déterminé au moyen de la méthode d'oxydation humide modifiée de Walkley et Black. L'azote total du sol a été déterminé en recourant à la méthode de digestion et de distillation Kjeldahl, tandis que le P disponible a été déterminé par la méthode Bray P1. Le K, le Ca et le Mg échangeables ont été extraits à l'aide d'une solution d'acétate d'ammonium 1 N et les concentrations ont été déterminées à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique (Varian Spectr AA 220 FS). La répartition de la taille des particules (sable, limon et argile) a été réalisée via la méthode de l'hydromètre. Toutes les méthodes ont été référencées par Sparks et al., (1996).

2.3 Experimental design and treatments

Quatre catégories d'âge d'anacardiers d'origine inconnue et établis à partir de semis ont été sélectionnées et utilisées pour l'enquête. Les catégories d'âge des plantations d'anacardiers utilisées étaient les suivantes : 4, 6, 8 et 10 ans. Six formulations d'engrais basées sur les recommandations de diverses sources (FAO, 2010 ; Lefebvre, 1973) ont été soumises à l'étude comme suit :

F1- témoin : aucun engrais

F2 – 100 kgN+40 kg P₂O₅+40 kg K₂O ha⁻¹yr⁻¹

F3 – 125 kgN+60 kg P₂O₅+60 kg K₂O ha⁻¹yr⁻¹

F4 – 150 kgN+80 kg P₂O₅+80 kg K₂O ha⁻¹yr⁻¹

F5 – 175 kgN+100 kg P₂O₅+100 kg K₂O ha⁻¹yr⁻¹

F6- 200 kgN+120 kg P₂O₅+120 kg K₂O ha⁻¹yr⁻¹

Il s'agissait d'une étude factorielle 4 x 6 en bloc complet aléatoire. L'essai était répété à trois reprises impliquant 10 anacardiers par reprise dans chaque catégorie d'âge. Les engrais (sulfate d'ammonium pour l'azote, superphosphate triple pour le P₂O₅ et muriate de potasse pour le K₂O) ont été appliqués en anneau en une seule fois dans des jauges peu profondes à la lisière des canopées en juillet de chaque année. Les données sur le rendement en noix ont été collectées pendant six années consécutives.

2.4 Statistical Analysis

Les données sur le rendement en noix ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) et la plus petite différence significative a été utilisée pour séparer les différences significatives entre les moyennes. Toutes les statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel statistique GenStat (édition 12, Lawes Agricultural Trust, Rothamsted Experimental Station, <http://www.vsn.co.uk>).

3.0 Résultats et analyse

3.1 État des nutriments du sol

Les valeurs de pH du sol enregistrées pour les deux profondeurs (6,37 et 6,35) étaient légèrement acides. Ces valeurs de pH conviennent toutefois à la culture de l'anacarde, dans la mesure où elle présente un large éventail de tolérance allant de 4,5 à 8,5, tandis que les valeurs optimales se situent entre 5,2 et 7,5 (Dedzoe et al., 2001). Le carbone organique du sol (COS) pour les deux profondeurs était inférieur à la valeur critique de >2 % considérée comme étant appropriée à la culture de l'anacardier (Tableau 1). La teneur totale en azote des sols consacrés à la culture de l'anacarde était inférieure au taux de 0,1 % d'azote requis pour la culture du cajou (Aikpokpodion et al., 2010). La faible teneur en azote pourrait être due à la faible teneur en matière organique du sol. La teneur en calcium du sol enregistrée était supérieure à 0,8 cmol kg⁻¹, représentant ainsi la valeur critique pour les sols idéaux consacrés à la culture de l'anacarde. Le potassium et le magnésium du sol enregistrés sur le site pour les deux profondeurs de sol se situaient dans les valeurs critiques de 0,12 cmol kg⁻¹ et 0,08 cmol kg⁻¹, respectivement. La teneur en phosphore disponible du sol était généralement faible pour une culture optimale de l'anacarde étant donné que la valeur enregistrée était inférieure à la valeur optimale de 10 mg kg⁻¹.

Tableau 1 : Quelques propriétés chimiques du sol sur les sites étudiés

Location	Profondeur du sol (cm)	pH	Org C (%)	Total N	Avail. P (mg kg ⁻¹)	Exch. K	Exch. Mg	Exch. Ca
						cmol kg ⁻¹		
Bole	0 – 15	6.33	1.11	0.07	3.76	0.18	1.13	1.58
	15 -- 30	6.29	0.86	0.05	3243	0.11	0.87	1.02

3.2 Rendement en noix

Il n'existe aucun effet significatif ($p > 0,05$) de l'âge des anacardières ou de son interaction avec les engrais sur le rendement en noix. Les résultats seront donc examinés sur la base des influences des engrais NPK sur le rendement en noix des différentes catégories d'âge. L'application d'engrais a entraîné une augmentation significative ($p < 0,05$) du rendement en noix dans les quatre catégories d'âge de l'anacardier entre 2008 et 2014, au fur et à mesure que les anacardières augmentaient en âge et en taille. Les engrais ont permis de multiplier le rendement initial des noix en 2008 par deux voire trois en 2013 et 2014, tandis que le rendement des noix du témoin est resté le plus faible et s'est légèrement différent du niveau initial tout au long de la période d'essai. La nature légèrement acide du sol, la faible teneur en carbone organique et en azote total du sol de référence (Tableau 1) laissent penser que le faible rendement de ces anacardières dans le Tableau 1 est le résultat d'une faible disponibilité et/ou absorption des nutriments et que cette carence a été exacerbée par l'absence d'apport de nutriments provenant d'une source externe par le biais d'applications d'engrais. La culture du cajou nécessite un apport régulier d'engrais, en particulier pendant la période de nouaison et au-delà. (Nair et al., 1979). L'application combinée de potassium et de phosphore est indispensable aux premiers stades de la croissance des anacardières (Parent et Albuquerque, 1972). L'application continue d'azote, de phosphore et de potassium est bénéfique pour obtenir des anacardières sains et accroître les rendements en cajou (Azam-Ali et Judge, 2001).

Tableau 2 : Rendement moyen en noix de cajou sur six ans d'anacardières d'âges différents, influencé par l'application d'engrais NPK.

Âge	Traitement au moyen d'engrais	Rendement moyen (kg ha-1)	Hausse par rapport au témoin (kg ha-1)	% d'augmentation
4	F1	197.9	-	-
	F2	302.7	104.8	52.9
	F3	324.1	126.2	63.7
	F4	366.2	168.2	85.0
	F5	374.7	176.7	89.2
	F6	415.6	217.6	109.9
6	F1	180.9	-	-
	F2	248.2	67.3	37.2
	F3	272.5	91.5	50.6
	F4	290.3	109.4	60.4
	F5	298.5	117.6	64.9
	F6	329.7	148.7	82.2
8	F1	163.9	-	-
	F2	247.5	83.5	50.9
	F3	298.0	134.0	81.7
	F4	323.2	159.2	97.1
	F5	350.5	186.5	113.7
	F6	364.5	200.5	122.2
10	F1	275.8	-	-
	F2	374.0	98.1	35.5
	F3	406.3	130.4	47.2
	F4	410.2	134.3	48.6
	F5	486.6	210.8	76.4
	F6	488.3	212.4	77.0

Les anacardières ayant reçu des quantités élevées d'engrais, en particulier F5 et F6, ont donné un rendement en noix nettement plus élevé ($p < 0,05$) que ceux ayant reçu des quantités moindres d'engrais et le témoin depuis 2012 dans toutes les quatre catégories d'âge. Les anacardières les plus jeunes (4 ans) au début de l'essai en 2008 ont enregistré la plus forte hausse du rendement en noix grâce à l'application d'engrais, suivis par les anacardières les plus vieux (10 ans). Les rendements moyens en noix pour la période de six ans étaient les plus élevés pour les anacardières de 10 ans et les plus faibles pour les anacardières de l'exploitation de 6 ans (Tableau 2). Indépendamment du taux d'application, les rendements en noix de tous les anacardières ayant reçu des engrais étaient nettement plus élevés que ceux des témoins. L'augmentation du rendement moyen en noix par l'application d'engrais par rapport aux témoins était de 98-212 kg ha-1 (35-77 %) pour les anacardières de 10 ans, 83-200 kg ha-1 (50-122 %) pour les anacardières de 8 ans, 67-148 kg ha-1 (37-82 %) pour les anacardières de 6 ans et 104-217 kg ha-1 (52-109 %) pour les anacardières de 4 ans. Les extrémités inférieure et supérieure des fourchettes de rendement en noix correspondent respectivement aux taux d'application d'engrais F1 (le plus bas) et F6 (le plus élevé). Cette observation est conforme à ce qui a été rapporté par Kumar et al., (1995). Ainsi, à mesure que l'on constate une hausse du taux de NPK, la durée de la période de récolte et le pourcentage total de noix récoltées augmentaient de manière significative. Les concentrations critiques de N et de P par rapport au rendement étaient de 2,09 et 0,14 %, comme observé au niveau des feuilles à pleine maturité (Kumar et Sreedharan, 1987). En outre, des rendements plus élevés de noix de cajou ont été obtenus avec une combinaison de N, P2O5, et K2O équivalant à 200, 75 et 100 g plant-1 par an, respectivement (Ghosh et Bose, 1986), tandis que l'application de 250, 125 et 125 g plant-1 par an de N, P2O5, et K2O, respectivement, a été signalée comme appropriée pour accroître de manière significative le rendement d'anacardières de 15 ans (Subramanian et al., 1995).

4. Conclusion et Recommandation

Cette étude a montré que l'application d'engrais inorganiques sur des sols moins fertiles est très bénéfique pour la nutrition des anacardières. Les anacardières âgées de 10 ans ont bien réagi à l'application d'engrais par rapport à ceux âgés de 6 ans. La possibilité et l'avantage de fournir des nutriments aux anacardières en combinant le NPK (engrais inorganique) ont été clairement démontrés dans cette étude. Le meilleur rendement a été enregistré pour le traitement F6 (200 kgN+120 kgP₂O₅+120 kgK₂O ha⁻¹yr⁻¹). Du fait de sa prééminence sur les autres traitements dans l'amélioration du rendement de cajou, son application permettrait d'améliorer la croissance et le rendement des anacardières sur les sols moins fertiles.

Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude pour le soutien technique inestimable apporté par le personnel de la Division des sciences du sol et de la sous-station de Bole de l'Institut ghanéen de recherche sur le cacao dans le cadre de cette recherche.

Références

- Addaquay, J. et Nyamekye-Boamah, K. (1998). The Ghana cashew industry study. Dans le Rapport préparé à l'intention du ministère de l'Alimentation et de l'Agriculture (MOFA) dans le cadre du Projet de diversification agricole.
- Aikpokpodion, P.E, Uloko, B. et Edibo, G. (2010). Nutrient dynamics in soil and cashew (*Anacardium occidentale* L.) leaf and kernel dans l'État de Kogi, au Nigéria. *Journal of Applied Biosciences*. 25:1573-1578.
- Arthur, A., Dogbatse, J.A. Adu-Gyamfi, P.K.K et Padi, F.K (2022). Complementary effect of organic and inorganic fertilizers on the growth of young cashew (*Anacardium occidentale* L.) in two agro-ecologies of Ghana. Ghana. 16e Conférence et Exposition annuelles de l'ACA sur le cajou, 12 - 15 septembre 2022, Abuja, Nigéria.
- Azam-Ali, S.H., et Judge, E.C. (2001). Small-scale Cashew Nut Processing (Rugby, Royaume-Uni : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). http://anacardium.info/IMG/pdf/Small-scale_Cashew_Nut_Processing_-_FAO_2001.pdf.
- Bhaskar, B., Salam, M.A et Wahid, P.A. (1995). Nutrient offtake in cashew. *Cashew*, 9, 9-16.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) (2010) Cashew production. <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ac306e/ac306e03.htm>
- Dedzoe, C. D., Seneyah, J. K. et Asiamah, R. D. (2001). Suitable Agro-ecologies for cashew (*Anacardium occidentale* L.) production in Ghana. *West African Journal of Applied Ecology*, 2:103-115.
- 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>
- Ghosh, S.N. (1990). Effect of different levels of nitrogen on growth and yield of cashew in old plantation. *The Cashew* 4:15–17.
- Ghosh, S.N., et Bose, T.K. (1986). Nutritional requirement of cashew (*Anacardium occidentale* L.) in laterite tract of west Bengal. *Indian Cashew J.* 18, 11–17
- Grundon, N.J. (1999). Cashew nuts in North Queensland respond to phosphorus and sulphur fertilizers. *Better Crops Int.* 13(2): 22–24.
- Kumar, D.P., Khan, M.M., et Venkataramu, M.N. (1995). Effect of NPK and growth regulator on harvesting and yield, shelling percentage and kernel grade of cashew (*Anacardium occidentale* L.). *J. Plantation Crops* 23(2): 96–104
- Kumar, P.H., et Sreedharan, R. (1987). Determination of critical concentration of N and P in cashew leaf. *Indian Cashew J.* 18(3): 22–23
- Kumar, P.H. et Sreedharan, C. (1998). Nut characters as influenced by different levels of NPK in cashew (*Anacardium occidentale* L.). *Cashew*, 18: 15-17.
- Lefebvre A. (1973). Preliminary information on manuring the cashew-nut. *Fruits*. 25(9): 621-628.
- Mahanthesh, B. et Melanta, K.R. (1994) Effects of N, P and K on the yield of cashew apple (*Anacardium occidentale* L.). *Cashew*, 8, 14-18.
- Nair, M.K., Baskhara Rao, E.V.V., Nambiar, K.K.N., et Nambiar, M.C. (1979). Cashew (*Anacardium occidentale* L.). Monograph on Plantation Crops, 1. International Cashew Symposium, Cochin, March 1979 (Kerala: Central Plantation Crops Research Institute), 169 pp
- O'Farrell, P.J., Armour, J.D., et Reid, D.J. (2010). Nitrogen use for high productivity and sustainability in cashew. *Sci. Hortic.* 124(1): 19–28.
- Opoku-Ameyaw, K., et Appiah, M.R. (2000). Improving the growth of cashew (*Anacardium occidentale*) seedlings interplanted into mature sheanut stands in northern Ghana. *Ghana Journal of Agricultural Science* 33(2): 159–164.
- Panda, H. (2013). *The complete book on cashew (Cultivation, Processing & By-products)*. (Asia Pacific Business Press Inc.).
- Parent, J.I.G., et Albuquerque, J.J.L. (1972). Adubação mineral do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) em Pacajus, no litoral cearense. *Ciência e Cultura* 24:372–375.
- Sparks, D. L., Page, A.L. Helmke, P.A. Loeppert, R.H. Soltanpour, P.N. Tabatabai, M.A. et Johnston, C.T. (1996). "Methods of Soil Analysis, Part 3." SSSA Book series No. 5. Madison, États-Unis : Soil Science Society of America and America Society of Agronomy.
- Subramanian, S., Harris, C.V., Manivannan, K., et Thagavelu, S. (1995). Studies on method of fertilizer application in cashew. *South Indian Hortic.* 43:38–3

ACTIVITÉS ANTIFONGIQUES DE L'EXTRAIT DE SOJA ET DE FONGICIDES DE SYNTHÈSE SUR LES AGENTS PATHOGÈNES RESPONSABLES DE L'ANTHRACNOSE DES NOIX DE CAJOU AU GHANA

*Bukari Y¹., Agyare S¹., Amoako-Attah I¹., Asare E.K¹. and Ainooson M.K²

¹Division de la pathologie végétale, Institut ghanéen de recherche sur le cacao (CRIG)

²Département de chimie, Ecole des sciences fondamentales et appliquées, Université du Ghana, Legon, Ghana

*Courriel de l'auteur-ressource : sparrowson@yahoo.com

Résumé

L'antracnose est l'une des maladies les plus importantes du cajou au Ghana et dans d'autres pays africains. Elle affecte les parties aériennes de l'anacardier, en particulier les feuilles et les fruits, réduisant ainsi le rendement économique de cette spéculation. La maladie est causée par le complexe *Colletotrichum gloeosporioides*. Les options de prise en charge de l'antracnose sont limitées pour les producteurs de cajou, en particulier en ce qui concerne l'utilisation de fongicides biologiques et non biologiques. Dans la présente étude, l'efficacité antifongique de différentes concentrations d'extrait de soja et de fongicides synthétiques (77 % d'hydroxyde de cuivre, 6 % de Métalaxyl-M + 60 % d'oxyde de cuivre, 4 % de Pyraclostrobine + 7,2 % de Diméthomorphe) a été testée sur cinq isolats du complexe *Colletotrichum gloeosporioides* sur des plaques d'agar en conditions de laboratoire pendant 7 jours. L'extrait de soja à une concentration de 50 % (V/V) a permis d'inhiber 81,74 % de la croissance mycélienne des isolats de *C. gloeosporioides* et s'est avéré presque aussi efficace que le fongicide synthétique. Par ailleurs, le fongicide contenant 6 % de Métalaxyl-M + 60 % d'oxyde de cuivre a complètement inhibé tous les isolats de *C. gloeosporioides*, tandis que les fongicides contenant 77 % d'hydroxyde de cuivre et 4 % de pyraclostrobine + 7,2 % de diméthomorphe ont inhibé les isolats avec des pourcentages d'inhibition compris respectivement entre 86,80 et 100 % et 79,70 et 100 %. La présente étude montre l'efficacité de l'extrait de soja en tant que bio-fongicide potentiel pour une évaluation sur le terrain dans la prise en charge de l'antracnose du cajou.

Mots-clés : Activité antifongique, inhibition, soja, antracnose, *Colletotrichum gloeosporioides*

Introduction

Le cajou (*Anacardium occidentale* L.) est une culture de rente importante au Ghana et, plus largement, en Afrique de l'Ouest, où sont produits 45 % des noix de cajou brutes (NCB) dans le monde (Oliveira, 2008 ; Dedehou, 2015 ; Monteiro et al., 2017). La culture du cajou au Ghana s'intensifie depuis le lancement du Projet de développement du cajou (CDP) en 2002, ce qui en fait la deuxième culture arboricole du pays (GBN, 2020). La production de NCB est passée de 6,33 tonnes en 2003 à 232 834 tonnes en 2015 (MoFA, 2016). En 2016, le Ghana a obtenu un revenu de 196,683 millions de dollars EU de l'exportation de NCB, chiffres qui représentaient 53 % du total des recettes d'exportation provenant des exportations non traditionnelles (ISSER, 2017). Les revenus générés par la vente de la noix de cajou au fil des ans ont permis d'améliorer le niveau de vie de la plupart des producteurs ruraux et ont procuré au pays les devises dont il a tant besoin.

Les maladies font partie des principaux facteurs limitant la production de cajou dans toutes les zones de culture, y compris au Ghana (Koné et al., 2015). Elles affectent aussi bien la qualité que la quantité de noix et de pommes de cajou produites (Ghini et al., 2011 ; Monteiro et al., 2015). Toutes les parties de l'anacardier peuvent se retrouver affectées par les maladies, telles que les feuilles, les branches, la tige et les racines (Adeniyi et al., 2011 ; Dominic et al., 2014). Les maladies les plus courantes du cajou au Ghana sont l'antracnose, la brûlure helminthosporienne, la brûlure des inflorescences, la rouille brune, la gommose et la pourriture racinaire (Amoako-Attah et al., 2021). Causée par le *Colletotrichum gloeosporioides* l'antracnose est l'une des maladies les plus importantes du cajou ; on estime qu'elle entraîne une perte de rendement de 70 à 100 % (Wonni et al., 2017 ; Amoako-Attah et al., 2021). Cette maladie affecte généralement les noix, les feuilles, les ramilles et les fleurs (Freire et al., 2002 ; Nakpalo et al., 2017), entraînant une grave défoliation, un flétrissement des fleurs, un brunissement des pommes et des noix (Freire et Cardoso, 2003 ; Amoako-Attah et al., 2021).

Le traitement chimique s'est avéré efficace contre l'antracnose du cajou (Filoda, 2008 ; Silue et al., 2017). Au Ghana, les fongicides synthétiques contenant du mancozèbe ou de l'oxychlorure de cuivre se sont révélés efficaces contre l'antracnose du cajou (Amoako-Attah et al., 2021). D'autres ingrédients actifs, dont l'azoxystrobine, la trifloxystrobine, le bénomyl et le dithianon, ont également été signalés comme étant efficaces contre la maladie (Menezes et al., 1975 ; Christian, 2001).

En dépit de l'efficacité des fongicides de synthèse, les effets potentiels des fongicides sur les organismes non ciblés, le coût élevé des produits chimiques et les résidus en nombre accru dans les cultures suscitent de plus en plus d'inquiétudes (Balakumar et al., 2011, Sande et al., 2011 ; Basco et al., 2017). Il est donc nécessaire de rechercher des méthodes alternatives de lutte, telles que les extraits de plantes qui pourraient être utilisés seuls ou en combinaison avec des produits chimiques synthétiques pour lutter contre l'antracnose. Selon certaines études, les extraits de plantes contiennent d'importants métabolites ayant des propriétés antimicrobiennes et utilisables pour lutter contre les maladies des plantes (Wang et al., 2010 ; Villalobos et al., 2016 ; Bukari et al., 2022). La combinaison de fongicides synthétiques et d'extraits de plantes pour la prise en charge intégrée de l'antracnose pourrait permettre de réduire le nombre d'applications au cours d'une saison de pulvérisation ainsi que la quantité de fongicides synthétiques nécessaires pour la pulvérisation. Cette étude a donc évalué l'efficacité de l'extrait de soja et des fongicides synthétiques (77 % d'hydroxyde de cuivre, 6 % de métalaxyl-M + 60 % d'oxyde de cuivre, 4 % de pyraclostrobine + 7,2 % de diméthomorphe) sur la croissance mycélienne des isolats de *C. gloeosporioides*.

Matériel et méthodes

Extrait de soja

Soybean extract was obtained following the methods described in Bukari et al. (2022). The seeds were bought from a local market in Tamale, the capital city of the Northern Region of Ghana. The seeds were thoroughly washed with tap water and rinsed with sterile distilled water (SDW) before drying them under shade for three weeks. The seeds were then ground into fine powder using a blender. Then 5 L of water was added to 1 kg of the powder and incubated at room temperature for one week. The sample was filtered using a muslin mesh and concentrated to drying using a rotary evaporator. A stock solution of 60% (v/v) was prepared by dissolving 60 g of the powder in 100 ml of water for use.

Prélèvement d'échantillons pour le dépistage de la maladie et isolement des agents pathogènes

Le prélèvement d'échantillons pour le dépistage de l'antracnose a été effectué dans des plantations commerciales dans les régions de l'Est, de Bono Est et de Volta au Ghana d'octobre à décembre 2022. Les feuilles de cajou présentant des symptômes d'antracnose ont été collectées dans des sacs stériles en polyéthylène. Les coordonnées géographiques des lieux d'échantillonnage ont été enregistrées. Les feuilles infectées ont été stérilisées en surface avec de l'éthanol à 70 % et rincées trois fois dans de l'eau distillée stérilisée. Les parties infectées des feuilles ont été découpées en morceaux de 5 × 5 mm, placées sur de l'eau gélosée et incubées à une température de 25°C pendant 3-5 jours. Les cordons mycéliens émergeant de la croissance fongique ont été transférés sur un milieu gélosé de dextrose et de pomme de terre (PDA) et incubés à 28°C pendant sept jours. Les cultures pures de *C. gloeosporioides* obtenues ont été conservées sur des plaques PDA fraîches pour utilisation. Les agents pathogènes ont été identifiés à l'aide de caractéristiques morphologiques et microscopiques (Humber 2005 ; Kirk et al., 2008). Les cultures des agents pathogènes ont été conservées dans de l'eau distillée stérilisée à l'intérieur de bouteilles McCartney et gardées à température ambiante. Cinq isolats distincts de *C. gloeosporioides* (Colle 1, Colle 2, Colle 3, Colle 4, Colle 5) ont été utilisés pour cette étude.

Bioactivité de l'extrait de soja et de fongicides synthétiques en conditions de laboratoire

La bioactivité de l'extrait de soja a été réalisée selon la méthode décrite par Nwosu et Okafor (1995), en y apportant quelques modifications. Différentes concentrations (50, 20, 10, 1, 0,1 %, v/v) d'extraits de soja ont été ajoutées à 100 ml de PDA fondu. Trois fongicides synthétiques (77 % d'hydroxyde de cuivre, 6 % de métalaxyl-M + 60 % d'oxyde de cuivre, 4 % de pyraclostrobine + 7,2 % de diméthomorphe) ont été testés aux taux recommandés par leurs fabricants respectifs sur les cinq isolats de *C. gloeosporioides*. 6,67 g d'hydroxyde de cuivre à 77 %, puis 3,33 g chacun de Métalaxyl-M à 6 % + 60 % d'oxyde de cuivre et 4 % de pyraclostrobine + 7,2 % de diméthomorphe ont été ajoutés séparément à 100 ml de PDA stérilisé (45-50°C). Les milieux modifiés ont été versés dans des boîtes de Pétri pour y être solidifiés. Un disque mycélien de 5 mm provenant d'une culture pure de chacun des cinq isolats a été utilisé pour inoculer les centres des plaques PDA. Les plaques ne contenant pas d'extraits ont servi de plaques de contrôle. Les boîtes de Pétri ont été incubées pendant 7 jours à une température de 28 ± 2°C. Les croissances radiales ont été mesurées à la fin des 7 jours et le pourcentage d'inhibition (PI) a été calculé comme suit :

$$PI = (D-T)/D \times 100$$

où D = diamètre moyen de la croissance dans les plaques de contrôle ; T = diamètre moyen de la croissance dans les plaques d'essai.

Analyse des données

Le pourcentage d'inhibition des isolats en réponse aux fongicides synthétiques et à l'extrait de soja a été calculé. Les données ont été analysées à l'aide de l'outil ANOVA (Genstat 10e édition) à un seuil de significativité de 5 %. Le test post hoc de Tukey a également été effectué.

Résultats

Lieu d'échantillonnage et isolement des agents pathogènes

Les agents pathogènes codés Colle 1, 3 et 4 ont été obtenus dans la zone de transition forestière, tandis que ceux codés Colle 2 et 5 ont été isolés dans la zone semi-décidue (Tableau 1).

Tableau 1 : Lieux d'échantillonnage des agents pathogènes de l'antracnose

Agent pathogène	Lieu d'échantillonnage	Transition forestière	Région	Coordonnées du lieu
Colle 1	Prusu Nkoranza	Semi-décidue	Bono Est	Lat: N07° 30.588" Lon: W01° 33.931"
Colle 2	Kpando Gadza	Transition forestière	Volta	Lat: N7° 1' 38.13708" Lon: E0° 21' 48.016"
Colle 3	Duabone	Transition forestière	Bono Est	Lat: N 7 ° 454.92012 Lon: W 1 ° 429.75592
Colle 4	Adunasa Nkoranza	Semi-décidue	Bono Est	Lat: N 7 ° 6' 41.47812" Lon: W 1 ° 22' 38.3818"
Colle 5	Aframase	Semi-deciduous	Est	Lat: N6 ° 21' 4.75812" Lon: W0 ° 4' 31.26"

Efficacité de l'extrait de soja

L'extrait de soja a été efficace contre les isolats de *C. gloeosporioides* à toutes les concentrations de test avec des PI allant de 3,73 à 81,74 % (Tableau 1). Aucun extrait de soja n'a pu complètement inhiber la croissance mycélienne des agents pathogènes. Toutefois, il a été observé que des concentrations plus fortes de l'extrait permettaient de réduire davantage la croissance mycélienne des agents pathogènes. Pour tous les isolats, le PI le plus élevé a été obtenu avec une concentration de 50 % de l'extrait. Le PI le plus élevé de 81,74 % a été enregistré sur les plaques inoculées avec les agents pathogènes codés Colle 4 à une concentration de 50 % de l'extrait de soja. Cette valeur était nettement différente ($p < 0,001$) du PI enregistré pour tous les autres isolats. À une concentration de 20 %, aucune différence significative n'a été enregistrée dans le PI obtenu pour les agents pathogènes codés Colle 3 (52,33 %), Colle 4 (55,45 %) et Colle 5 (51,67 %). De même, le PI de Colle 1 et Colle 2 n'était pas très différent à une concentration de 20 % de l'extrait. De même, le PI de tous les isolats à des concentrations de 1 % et 2 % de l'extrait de soja n'était pas significativement différent l'un de l'autre.

Tableau 2 : Pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne des isolats de *Colletotrichum* sur PDA modifié avec différentes concentrations de soja après 7 jours d'incubation ($28 \pm 2^\circ\text{C}$).

Isolats	Concentration de l'extrait (en %)				
	50	20	10	1	0.1
Colle 1	53.70 ^c	37.41 ^b	30.93 ^b	9.63 ^a	6.48 ^a
Colle 2	75.99 ^b	42.52 ^b	29.91 ^b	13.95 ^a	3.73 ^a
Colle 3	68.78 ^d	52.33 ^a	40.26 ^a	11.49 ^a	6.14 ^a
Colle 4	81.74 ^a	55.45 ^a	31.27 ^b	5.68 ^a	3.74 ^a
Colle 5	71.11 ^c	51.67 ^a	37.96 ^a	8.90 ^a	4.63 ^a

Les valeurs ayant la même lettre dans la même colonne ne sont pas fondamentalement différentes.

Efficacité des fongicides de synthèse

Les cinq isolats de *C. gloeosporioides* se sont révélés très sensibles aux trois fongicides utilisés. Le Métalaxyl-M + 60 % de fongicide à base d'oxyde de cuivre a complètement inhibé (100 %) la croissance mycélienne de tous les isolats (Tableau 3). De même, le fongicide contenant 4 % de pyraclostrobine + 7,2 % de diméthomorphe a complètement (100 %) inhibé la croissance de tous les isolats, à l'exception de Colle 1 (79,77 %). Les agents pathogènes codés Colle 2 et Colle 3 ont été complètement inhibés par tous les fongicides testés. Ceux codés Colle 1, Colle 2 et Colle 4 ont également été complètement inhibés par le fongicide hydroxyde de cuivre à 77 %.

Tableau 3 : Pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne des isolats de *Colletotrichum* sur PDA modifié avec différents fongicides synthétiques après 7 jours d'incubation ($28 \pm 2^\circ\text{C}$).

Isolats	Fongicides synthétiques		
	77 % d'hydroxyde de cuivre	6 % de Métalaxyl-M + 60 % de Oxyde de cuivre	4 % de pyraclostrobine + 7,2 % de diméthomorphe
Colle 1	100 ^a	100 ^a	79.77 ^b
Colle 2	100 ^a	100 ^a	100 ^a
Colle 3	90.50 ^b	100 ^a	100 ^a
Colle 4	100 ^a	100 ^a	100 ^a
Colle 5	86.80 ^b	100 ^a	100 ^a

Les valeurs ayant la même lettre dans la même colonne ne sont pas fondamentalement différentes.

Analyse

Toutes les concentrations des extraits de soja ont eu des effets inhibiteurs sur les isolats de *C. gloeosporioides*, ce qui confirme les travaux réalisés par d'autres chercheurs sur les propriétés antimicrobiennes de l'extrait de soja. À titre d'exemple, Bukari et al. (2022) ont fait état d'un PI de 80,4 et 86,8 % lorsque *Erythricium salmonicolor* et *Marasmiellus scandens* ont été cultivés dans des plaques modifiées avec de l'extrait de soja. Wang et al. 2010 ont également fait observer que l'extrait de soja dégradait la quantité d'ADN et d'ARN du *Staphylococcus aureus* de respectivement 66,47 et 60,18 %. Le PI le plus élevé de 81,74 % a été enregistré sur des plaques modifiées avec 50 % d'extrait de soja. Toutefois, les travaux réalisés par Igboabuchi et Llodibia (2018) sur l'*Aspergillus niger* et l'*E. coli* se sont soldés par un PI de respectivement 62,2 % et 68,8 % sur des plaques modifiées avec de l'extrait de soja. Les résultats de l'étude ont montré que le degré d'inhibition des isolats dépendait de la concentration des extraits. Le taux d'inhibition mycélienne a augmenté avec la concentration de l'extrait. Cette tendance a été signalée dans d'autres études (Bukari et al., 2022 ; Velazquez-Nuñez et al., 2013). Un PI plus faible de 10,9 % à 61 % a été observé lorsque des glycéollines (200 et 600 µg/disque) isolées de graines de soja ont été testées contre *Fusarium oxysporum* et *Botrytis cinera* (Hyo et al., 2010), ce qui indique que les extraits de soja sont plus efficaces sur *C. gloeosporioides*.

Les propriétés antimicrobiennes des extraits de soja peuvent être attribuées à la présence de substances phytochimiques telles que les phénols et les alcaloïdes (Villalobos et al., 2016 ; Dahanukar, 2000 ; Cowan, 1999). Wang et al. (2010) ont attribué l'inhibition de *Staphylococcus aureus* aux isoflavones présentes dans l'extrait de soja. Ces isoflavones inhibent la synthèse des acides nucléiques chez *S. aureus*. Morais et al. (2013) ont également rapporté que la toxine de soja, isolée du soja, inhibait le développement du système d'absorption des nutriments du *Candida albicans*.

La grande efficacité des fongicides contre les isolats de *C. gloeosporioides* a été démontrée. Le fongicide métalaxyl-M + oxyde de cuivre de 60 % a complètement inhibé la croissance mycélienne de tous les isolats. Le PI le plus faible obtenu avec le fongicide synthétique était de 79,77 %. Patrice et al. (2021) ont fait état d'un PI de 100 % lorsque 5 mg/ml de mancozèbe ont été testés contre des isolats de *C. gloeosporioides*. Ces auteurs ont également signalé des PI allant de 50 à 100 % lorsque 0,5 mg/ml de mancozèbe était utilisé. Les fongicides Carbendazin et Prochloraz ont également été signalés comme inhibant totalement la croissance de *C. gloeosporioides* (Nakpalo et al., 2017). Les fongicides Metalaxyl+ oxyde de cuivre ont été signalés comme inhibant la germination des spores de *C. gloeosporioides* de 82,86 % (Patrice et al., 2021). L'utilisation d'extrait de soja et de fongicides synthétiques dans un système de prise en charge intégrée des maladies pourrait réduire la dépendance excessive à l'égard des fongicides synthétiques afin de lutter contre l'antracnose du cajou.

Conclusion

Les effets antifongiques des fongicides synthétiques et de l'extrait de soja ont été démontrés dans cette étude. Après 7 jours d'incubation, l'extrait de soja (50 % V/V) et les fongicides ont inhibé la croissance mycélienne de *C. gloeosporioides* avec un PI de respectivement 81,74 % et 79,77-100 %. Les fongicides contenant 6 % de Métalaxyl-M + 60 % d'oxyde de cuivre ont complètement inhibé tous les isolats de *C. gloeosporioides*. La combinaison des deux extraits et du fongicide dans une stratégie de prise en charge intégrée des maladies pourrait réduire la quantité de fongicides synthétiques nécessaires pour lutter contre l'antracnose du cajou dans les plantations.

Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude aux membres du personnel de la Division de pathologie végétale de l'Institut ghanéen de recherche sur le cacao et du Département de chimie de l'Université du Ghana pour leur assistance technique.

Références

- Adeniyi D. O., Orisajo S. B., Fademi O. A., Adenuga O. O., et Dongo L. N. (2011). Physiological studies of fungi complexes associated with cashew diseases. *ARPN J. Agric. Biol. Sci.* 6, 34–38.
- Amoako-Attah I., Awudzi G. K., Acheampong A. R., Asare E. K., Bukari H. Y., Avicor S. W. et Ahadzi S. K. (2021). Manual for identification and management of cashew insect pests and diseases in Ghana. Institut ghanéen de recherche sur le cacao, Bulletin Technique, n°29, 31 pp.
- Balakumar, S., Rajan, S., Thirunalasundari, T. and Jeeva, S. (2011) Antifungal activity of *Aegle marmelos* (L) Correa (Rutaceae) leaf extract on dermatophytes. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 1 (4): 309-312
- Basco, M., Bisen, K., Keswani, C. and Singh, H. (2017). Biological management of *Fusarium* wilt of tomato using biofortified vermicompost. *Mycosphere*. 8(3):467–483.
- Bukari, Y., Avicor, S.W., Awudzi, G., Ainooson, M.K., Asare, E.K. and Amoako-Attah, I. (2022). In vitro activity of soybean extract on cocoa disease pathogens (*Erythricium salmonicolor* and *Marasmiellus scandens*) and termite pest (*Microtermes subhyalinus*), *Cogent Food & Agriculture*, 8:1
- Cowan, M.M. (1999). Plant products as anti- microbial agents. *Clinical Microbiology Reviews* 12: 564–582.
- Christian D., 2001. The cultivation of cashew, research and solutions. *FruiTrop*, 81: 1-3.
- Dahanukar, S.A., Kulkarni, R.A. and Rege, N.N. (2000). Pharmacology of medicinal plants and natural products. *Indian Journal of Pharmacology* 32: S81–S118.
- Dedehou E.S.C.A., Dossou, J., Soumanou, M.M. (2015). Etude diagnostique des technologies de transformation de la pomme de cajou en jus au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 9(1):371–387.
- Dominic M., Makobe M., Agboton B., Shomari S. and Tiedemann A. (2014). Biology and infection mechanisms of *Cryptosporiopsis* spp. fungus causing blight disease on cashew (*Anacardium occidentale* L.). *J. Plant Sci.* 2, 266–275.
- Dwomoh, E.A., Ackonor, J.B. and 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, 205-214
- Filoda, G. (2008). Impact of some fungicides on mycelium growth of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. *Pesticides* ;3-4:109-116.
- Freire, F.C.O., Cardoso, J.E., dos Santos A.A and Viana, F.M.P. (2002). Diseases of cashew nut plants (*Anacardium occidentale* L.) in Brazil. *Crop Protect.*, 21: 489-494.
- Ghini, R., Bettiol, W. and Hamada, E. (2011). Diseases in tropical and plantation crops as affected by climate changes: Current knowledge and perspectives. *Plant Pathol.*, 60: 122-132.
- Hyo, J. K., Hwa-Jin, S., Choong, H. L., Jeong, H. K., Sun, C. K., Sunmin, P. and Jong-Sang, K. (2010). Antifungal activity of glyceollins isolated from soybean elicited with *Aspergillus sojae*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58(17): 9483–9487.
- Humber, R.A. (2005) Fungal identification USDA-ARS Plant Protection Research 103 Unit US Plant, Soil & Nutrition Laboratory Tower Road Ithaca, New York.
- Igboabuchi, N.A. and Llodibia, C.V. (2018). A study on the antioxidant and antimicrobial activities of seed and leaf extracts of *Glycine max* (L) Merr. *Asian Journal of Research in Botany* 1(1): 1-8.

ISSER (2017). State of the Ghanaian Economy in 2016

Kirk, P.M., Cannon, P.F., Minter, D.W. and Stalpers J.A. (2008) Dictionary of the Fungi (10th ed.). Wallingford, UK: CAB International P 402.

Kone, D., Abo, K., Ouali, N.M., Cherif, M., N'depo, O.R. and 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. and Parente, J.I.G. (1975). Periods and frequencies for fungicide spraying against cashew anthracnose. Fitossanidade, 1: 70-71.

MoFA. (2016). Agriculture in Ghana Facts and Figures 2015.

Monteiro, F., L. Catarino, D., Batista, B., Indjai, M., Cristina, Duarte. and Romeiras, M.M. (2017). Cashew as a high agricultural commodity in West Africa: Insights towards sustainable production in Guinea-Bissau. Sustainability 9 (9).

Morais, J.K.S., Bader, O., Weig M., Oliveira, J.T.A, Arantes, M.R., Gomes, V. M., Da Cunha, M., Oliveira D H., Sousa, O.B.D., Lourencao, L. A. and Vasconcelos, M.I. (2013). Soybean Toxin (SBTX) impairs fungal growth by interfering with molecular transport, carbohydrate/ amino acid metabolism and drug/stress responses. Plos One 8(7)

Nakpalo, S., Kouabenam, A., Brahim, C., Sibirina, S., Mariam, O.G., Seydou, T., Mongomake, K. and Daouda, K. (2017). Effect of some synthetic fungicides on the in vitro growth of *Colletotrichum gloeosporioides*, causative agent of cashew tree anthracnose in Cote d'Ivoire. Asian Journal of Crop Science, 9(4):149-158

Oliveira, V.H.D. (2008). Cashew crop. Revista Brasileira de Fruticultura 30(1).

Patrice, N.D.J., Placide, D., Madjerembe, A., Rony, M.T.P., Gabriel, D., Ulrich, B.F., B. Djile. and Z. Ambang. (2021). In vitro, In vivo, In Situ effect of Mancozeb 80 WP on *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) and Sacc., causative agent of Anthracnose of cashew (*Anacardium occidentale* L.) in Chad and Cameroon. International Journal of Pathogen Research 6(3): 1-14,

Sande, D., Mullen, J., Wetzstein, M. and Houston, J. (2011). Environmental impacts from pesticide use: A case study of soil fumigation in Florida tomato production. International Journal of Environmental Research and Public Health 8: 4649-4661.

Silue, N., Abo, K., Camara, B., Soro, S., Ouattara, G.M. and Tuo, S. (2017). Effect of some synthetic fungicides on the in vitro growth of *Colletotrichum gloeosporioides*, causative agent of cashew tree anthracnose in Cote d'Ivoire. Asian Journal of crop science 9:149-158

Velazquez-Nuñez, M.J., Avila-Sosa, R., Palou, E., and Lopez-Malo, A. (2013). Antifungal activity of orange (*Citrus sinensis* var. Valencia) peel essential oil applied by direct addition or vapor contact. Food Control 31: 1-4.

Viana, F.M.P., Cardoso J.E., Saraiva, H.A.O., Ferreira, M.A.S.V., Mariano R.I.R. and Trindade, L.C. (2007). First report of a bacterial leaf and fruit spot of cashew nut (*Anacardium occidentale*) caused by *Xanthomonas campestris* pv. *mangiferaeindicae* in Brazil. Plant Dis., 91: 1361-1361.

Villalobos, M.D.C., Serradilla M.J. and Martin S. (2016) Antioxidant and antimicrobial activity of natural phenolic extract from defatted soybean flour by-product for stone fruit postharvest application. Journal of the Science and Food Agriculture 96: 2116-124.

Wang, Q., Wang, H. and Xie, M. (2010). Antibacterial mechanism of soybean isoflavone on *Staphylococcus aureus*. Archives of Microbiology 192(11): 893-898.

Wonni, I., Sereme, D., Ouedraogo, I., Kassankagno, A.I., Dao, I. and Ouedraogo L. (2017). Diseases of cashew nut plant in Burkina Faso. Advances in Plants & Agric. Resea. 2017;6:1-8



OBSTACLES A LA PRODUCTION ET A LA COMMERCIALISATION DURABLES DE NOIX DE CAJOU BRUTES EN VUE D'AMÉLIORER LES MOYENS DE SUBSISTANCE DES EXPLOITANTS AGRICOLES DANS L'ÉTAT D'ABIA, AU NIGÉRIA

J.O. Lawal, B.O. Obatolu, O.A. Taiwo, A.T. Yahaya and P.O. Adebola

Economics and Extension Division, Cocoa Research Institute of Nigeria (CRIN)

Corresponding author: yemisilawal2003@yahoo.com and jlawal@cringov.ng

Résumé

Afin de mettre en place une filière durable du cajou au Nigéria, un certain nombre de choses doivent être mises en place pour que le marché de la Noix de cajou brutes (NCB) connaisse son plein essor. Cette étude a été réalisée dans l'État d'Abia, au Nigéria. Un questionnaire structuré a été utilisé afin d'obtenir des informations auprès de 120 producteurs de cajou en utilisant la technique de l'échantillonnage à plusieurs niveaux dans des zones de production de cajou situées dans trois collectivités locales productrices de cajou : Umumeneochi, Isikuwato et Abia Nord. L'étude a permis d'identifier les contraintes liées à la production de cajou et d'examiner le niveau de connaissance des pratiques de production et de commercialisation parmi les ménages où vivent les producteurs de cajou. Les données recueillies comprenaient les caractéristiques socio-économiques des exploitants agricoles, les contraintes liées à la production et à la commercialisation du cajou, le niveau de sensibilisation aux pratiques relatives à la production du cajou et les facteurs qui déterminent sa production et sa commercialisation. Les données recueillies ont fait l'objet d'une analyse descriptive et inférentielle.

Les résultats ont montré que la majorité des exploitants agricoles sont des hommes (63,8 %), dont 52,4 % ont fait des études secondaires, et qu'ils exploitent des terres agricoles de petite taille et de taille moyenne ($4,38 \pm 2,05$ ha). La plupart d'entre eux (75 %) ont acquis la terre par héritage, avec une faible adhésion aux bonnes pratiques agricoles et l'absence de marchés organisés de NCB dans l'État. Environ 28,6 % des exploitants agricoles ont plus de 20 ans d'expérience dans la culture du cajou et 81 % d'entre eux appartiennent à des associations. Les obstacles à la production et à la commercialisation du cajou comprennent les taxes élevées et les politiques gouvernementales défavorables (82 %), les effets du changement climatique (89 %), l'impossibilité d'accéder à l'aide gouvernementale pour la commercialisation (87 %), le manque d'accès aux intrants et aux produits chimiques (86 %), le piètre accès au matériel végétal amélioré (81 %), le faible niveau de formation à la manutention post-récolte (92 %), l'incidence des nuisibles et des maladies (90 %), le piètre accès aux facilités de crédit (90 %) et les perturbations causées par les éleveurs (92 %). Les pratiques de production des exploitants agricoles ont affiché un faible niveau de connaissance des avancées de la recherche en matière de production de cajou, de la population végétale, des canaux de commercialisation appropriés, de l'atténuation du changement climatique et des techniques d'adaptation à ses effets. L'accès à la terre ($p < 0,05$), l'âge des exploitants agricoles ($p < 0,01$), l'accès aux intrants ($p < 0,05$), la formation aux bonnes pratiques agricoles ($p < 0,05$) et les perturbations causées par les éleveurs ($p < 0,05$), le changement climatique ($p < 0,05$) et l'accès au crédit ($p < 0,01$) sont positivement significatifs pour la production durable du cajou. Cette étude recommande que les producteurs de cajou de l'État d'Abia bénéficient d'une assistance et d'une formation afin d'atténuer les contraintes liées à la production de cajou.

Mots-clés: Contraintes, sensibilisation, cajou, production durable, Nigéria

Introduction

Le cajou (*Anacardium occidentale*) est une culture commerciale au Nigéria qui est cultivée dans des plantations dans presque tous les États en raison de la facilité de culture et d'un minimum d'attention requis. Il s'agit d'une culture de rente importante qui présente un fort potentiel de production de devises et de création d'emplois, ainsi qu'en matière de lutte contre la désertification au Nigéria. Cette culture est une matière première industrielle importante dont la demande augmente dans les secteurs de la confiserie, de l'alimentation et des boissons. Les trois principaux produits issus de la noix de cajou qui sont commercialisés sur le marché international sont la noix de cajou brute, l'amande de cajou et le liquide de la coque de cajou (Azam-Alli et Judge, 2001). Les tendances de la production de cajou ont varié au cours des décennies avec une augmentation de son importance en tant que culture de rente orientée vers l'exportation (FAO 2013, INC 2013). Cette culture contribue à plus de 10 % du PIB du Nigéria sur la base des données d'exportation de 2022. Le Nigéria est l'un des principaux exportateurs de noix de cajou brutes de qualité supérieure, avec un rendement moyen de 48 noix (Abubakar, 2023). Le Nigéria est également le 6^e producteur mondial de noix de cajou, avec un volume de production annuel d'environ 120 000 tonnes. L'industrie du cajou génère également environ 600 000 emplois et des échanges commerciaux annuels totaux d'une valeur de 24 milliards de nairas, ce qui fait de cette filière un contributeur majeur au PIB du Nigéria hors pétrole (Ajanaku, 2021). Il est largement cultivé dans les États du Sud du Nigéria, en particulier dans les régions à Enugu, Oyo, Anambra, Kogi, Osun, Abia, Ondo, Benue, Cross River, Imo, Ekiti, Ebonyi, et Kwara. Il est essentiel de comprendre les facteurs clés qui influencent la qualité de la noix de cajou et les stratégies de commercialisation efficaces en vue de maximiser le potentiel de l'industrie. Ce document examine les niveaux de sensibilisation des parties prenantes aux pratiques durables et identifie les principales contraintes qui entravent les efforts de production et de commercialisation durables.

Méthodologie

À l'aide d'une technique d'échantillonnage à plusieurs niveaux, des données primaires ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire bien structuré auprès de 120 producteurs de cajou répartis dans trois collectivités locales (LGA) de l'État d'Abia. L'État d'Abia a été choisi à dessein parce qu'il compte un grand nombre de producteurs de cajou. Trois grandes collectivités locales (LGA) productrices de cajou (Umumeneochi, Isikuwato et Abia Nord) ont été choisies au hasard et quatre communautés ont été sélectionnées à partir d'une liste fournie par le Programme de développement agricole de l'État d'Abia (ABSADP) pour chaque collectivité locale, à raison de dix exploitants agricoles par communauté.

Les données recueillies ont été soumises à des statistiques descriptives et inférentielles. Les données relatives aux caractéristiques socio-économiques ont été soumises à une analyse descriptive afin de déterminer les fréquences, les pourcentages, les moyennes et les écarts types. Les autres données collectées, telles que l'exploitation agricole/les caractéristiques de l'exploitation agricole sur la sensibilisation et les contraintes, ont été analysées à l'aide de l'analyse descriptive, tandis que les déterminants de la production et de la commercialisation ont, eux, été déterminés à l'aide de l'analyse de régression multiple.

Résultats et analyse

Les âges minimum et maximum des exploitants agricoles étaient respectivement de 25 et de 74 ans, l'âge moyen étant de $50 \pm 13,35$ ans (Tableau 1). Ces données indiquent que les producteurs de cajou sont jeunes et dans leurs années actives et productives, ce qui représente un avantage pour la durabilité de l'industrie. L'expérience des exploitants agricoles varie de 6 à 49 ans avec une moyenne de $22 \pm 9,93$ ans, ce qui implique que les producteurs de cajou ont une grande expérience de l'activité et probablement de la chaîne de valeur qui pourrait les aider à réussir. De même, le nombre de personnes par ménage était compris entre 2 et 14, avec une moyenne de 8 ± 2 . Plus de la moitié (56 %) des producteurs de cajou de la zone couverte par l'étude ont recours à la main-d'œuvre familiale, tandis que 6,6 % d'entre eux ont recours à des manœuvres salariés. Ces résultats indiquent que les ménages avec des familles plus nombreuses peuvent avoir plus de main-d'œuvre (main-d'œuvre familiale) à utiliser dans les exploitations.

La taille des exploitations de cajou était comprise entre 1 et 7 hectares, avec une moyenne de $4,38 \pm 2,05$ hectares. Ce fait signifie que les producteurs de cajou sont en fait de petits exploitants agricoles dans l'État, ce qui appelle à l'expansion des exploitations de cajou en raison du jeune âge des exploitants agricoles.

Tableau 1.0 : Statistiques descriptives des producteurs de cajou dans la zone couverte par l'étude

	Minimum	Maximum	Moyenne	Écart-type
Âge (années)	25	74	50.00	13.346
Nombre d'années d'expérience dans la culture du cajou	6	49	22.00	9.925
Taille du ménage	2	14	8.11	2.657
Taille de l'exploitation agricole de cajou	1	7	4.38	2.050

Source : Enquête sur le terrain, 2021

Les hommes étant dominants (63,3 %) dans la culture du cajou dans la zone couverte par l'étude, il est nécessaire d'encourager davantage de femmes à s'engager dans cette culture dans l'État (Tableau 2). Les résultats ont révélé que 52,5 % des exploitants agricoles de l'échantillon analysé ont suivi des études secondaires, ce qui indique qu'ils savent lire et écrire. Ils peuvent donc participer efficacement aux formations à la commercialisation et à la production de cajou. Environ 80,1 % des exploitants agricoles appartiennent à l'une ou l'autre association où ils obtiennent des informations sur la production et la commercialisation de leurs produits. Les résultats ont également révélé que la plupart des exploitants agricoles plantent leurs sujets sur place, car seuls 38,3 % d'entre eux disposent d'une pépinière où ils cultivent leurs sujets jusqu'à ce qu'ils soient plantés. Environ 76,7 % des exploitants agricoles ne vérifient pas l'état de leurs sols avant la mise en terre des plantules. Parmi les quelques sols testés, seulement 7,1 % le sont à l'aide de méthodes scientifiques pour l'analyse des sols. En ce qui concerne les bonnes pratiques agricoles (BPA), 81 % des exploitants agricoles effectuent des travaux de remise en culture des sols. Parmi eux, 52,5 % pratiquent le recape des vieux anacardières et 27,5 % pratiquent la replantation. Pour les autres bonnes pratiques agricoles, 78,33 % ont pratiqué l'élagage et 95,8 % d'entre eux l'ont fait une fois par an. Le désherbage a été effectué par 90 % des exploitants agricoles, dont 95,12 % ont désherbé une fois et 4,88 % ont désherbé deux fois leurs plantations. La majorité des exploitants agricoles (92,7 %) n'appliquent pas d'engrais, au motif que leurs sols sont fertiles. Un grand nombre d'exploitants agricoles (90,27%) ont appliqué des herbicides en vue d'éliminer les mauvaises herbes.

Tableau 2 : Répartition des répondants par caractéristiques socio-économiques dans la zone couverte par l'étude

Caractéristiques		Fréquence	
Genre	Homme	76	63.3
	Femme	44	36.7
Niveau d'étude	Absence d'éducation formelle	17	14.2
	Primaire	16	13.3
	Secondaire	63	52.5
	Tertiaire	24	20.0
Membre d'une association	Oui	97	80.1
	Non	23	19.9
Acquisition de terrains	Par héritage	90	75.0
	Par achat	11	9.2
	Par bail	10	8.3
	Par donation	7	5.8
	Par décision gouvernementale	2	1.7
Source de la main-d'œuvre	Famille	68	56.7
	Manœuvres salariés	8	6.6
	Les deux sources	44	36.7

Faites-vous des pépinières	Oui	46	8.33
	Non	74	61.67
Testez-vous votre sol avant la mise en terre des plantules ?	Oui	28	23.34
	Non	92	76.66
Si oui, comment testez-vous le sol ?	Manuellement	22	78.57
	Autres exploitants agricoles	4	14.29
	ADP	2	7.14
Effectuez-vous des travaux de remise en culture	Oui	98	81.67
	Non	22	8.33
Méthodes de remise en culture	Total des replantations	33	27.5
	Recepage		52.5
	AUTRES	24	20.0
Effectuez-vous l'élagage des plants	Oui	94	78.33
	Non	26	21.67
Si oui, à quelle fréquence ?	Une fois par an	90	95.74
	Une fois tous les 2 ans	3	3.19
	Une fois tous les 3 ans	1	1.06
Méthode de désherbage	Manuelle	108	90.00
	Chimique	12	10.00
Fréquence de désherbage/année	Une fois	78	95.12
	Deux fois	4	4.88
Utilisation d'engrais	Oui	5	7.35
	Non	63	92.65
Utilisation d'herbicides	Oui	10	8.73
	Non	93	92.65
Utilisation de pesticides	Oui	24	20.00
	Non	96	80.00

Source: Enquête sur le terrain, 2021

L'étude montre que les exploitants agricoles sont très au fait de l'utilisation des produits agrochimiques, de l'assainissement des exploitations de cajou, des variétés de cajou, des acteurs de la chaîne de valeur et des bonnes pratiques agricoles (Tableau 3). Cependant, ils en savent peu sur la population végétale, les progrès de la recherche dans la production de cajou, les circuits de commercialisation et l'atténuation/adaptation au changement climatique. Il convient donc d'y prêter rapidement attention en formant correctement les parties prenantes tout au long de la chaîne de valeur.

Tableau 3.0 : Niveau de connaissance des pratiques en matière de production/commercialisation du cajou

Variables	En savent beaucoup	(%) En savent peu (%)
Utilisation de produits agrochimiques	75%	25%
Assainissement des exploitations agricoles de cajou	89%	11%
Variétés de noix de cajou	87%	13%
Population végétale	10%	90%
Avancées de la recherche dans la production de cajou	24%	76%
Canaux de commercialisation	8%	92 %
Parties prenantes de la chaîne de valeur	92%	8%
Bonnes pratiques agricoles	94%	6%
Atténuation/adaptation au changement climatique	13%	87%

Source: Enquête sur le terrain, 2021

Les taxes élevées et une politique gouvernementale défavorable (82 %), les effets du changement climatique (89 %), l'incapacité d'accéder à l'aide gouvernementale pour la commercialisation (87 %), un accès insuffisant aux intrants et aux produits chimiques (86 %), un accès insuffisant au matériel végétal amélioré (81 %), un faible niveau de formation à la manutention post-récolte (92 %), l'incidence des nuisibles et des maladies (90 %), un piètre accès aux facilités de crédit (90 %) et les perturbations causées par les éleveurs (92 %) constituent des contraintes dans la chaîne de valeur du cajou (Tableau 4).

Tableau 4.0 : Contraintes liées à la production et à la commercialisation du cajou

Contraintes perçues	Très importantes (%)	Moins importantes (%)
Informations insuffisantes sur la production de cajou	22%	78%
taxes élevées et une politique gouvernementale défavorable	82%	18%
Effets du changement climatique sur la production de cajou	89%	21%
Incapacité d'accéder à l'aide gouvernementale pour la production	22%	78%
Incapacité d'accéder à l'aide gouvernementale pour la	87%	13%
Risques élevés et forte incertitude dans le secteur agricole	46%	54%
Piètre accès aux intrants et aux produits chimiques	86%	14%
Manque d'accès au matériel végétal amélioré	81%	19%
Nécessité d'une formation à la manutention post-récolte	92%	8%
Incidence des nuisibles et des maladies	90%	10%
Piètre état des routes donnant accès aux parcelles d'anacardières	19%	81%
Piètre accès aux facilités de crédit	90%	10%
Perturbations causées par les éleveurs	92 %	8%

Source: Enquête sur le terrain, 2021

Déterminants de la production et de la commercialisation parmi les ménages producteurs de cajou dans l'État d'Abia, au Nigéria

L'accès à la terre est un déterminant significatif ($p < 0,05$) de la production dans l'État, car il prévaut une pénurie de terres et leur disponibilité est essentielle à la production économique. L'âge constitue également un facteur significatif ($p < 0,01$) qui motive la production, comme le confirment les caractéristiques socio-économiques. L'accès aux intrants est négativement significatif ($p < 0,05$) pour la production dans la zone couverte par l'étude, ce qui concorde avec les contraintes indiquées dans le Tableau 4. La formation aux bonnes pratiques agricoles est positivement significative ($p < 0,05$) pour la production dans l'État. Ce résultat est en cohérence avec les travaux d'Akpomie et Ojeh (2018) qui ont constaté que les déficits de connaissances soulignent la nécessité de mettre en place des programmes ciblés de renforcement des capacités et des services de vulgarisation en vue d'une sensibilisation à la production et à la commercialisation durables des NCB et à leur promotion. Les perturbations causées par les éleveurs sont négativement significatives ($p < 0,05$) pour la production et la commercialisation. Ces derniers interfèrent généralement avec les activités de production et de commercialisation. Le piètre accès aux facilités de crédit réduit de manière significative ($p < 0,01$) la capacité des exploitants agricoles à augmenter leur production, à commercialiser leurs noix de cajou brutes et à investir dans des technologies et des pratiques durables. Ce résultat confirme les travaux de Chukwu et Nwokocho (2019) qui ont mis en évidence la nécessité d'investir dans le développement des infrastructures en vue de garantir la préservation de la qualité des noix de cajou brutes et de faciliter une commercialisation efficace.

Conclusion and recommendation

Cette étude conclut et recommande que les jeunes et les femmes soient encouragés à participer aux processus de production et de commercialisation du cajou tout au long de la chaîne de valeur dans l'État afin de garantir une production et une commercialisation durables ; il a également été jugé impératif que des terres pour la production, une formation sur les bonnes pratiques agricoles, un accès adéquat au crédit et aux intrants de production soient mis à disposition dans l'État afin de stimuler la production et la commercialisation durables des NCB parmi les ménages producteurs dans l'État d'Abia, au Nigéria.

Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude au Directeur exécutif du CRIN pour avoir débloqué les fonds de recherche nécessaires à la réalisation de ce travail dans le cadre du Projet Databank 2021. Des remerciements particuliers sont également adressés au Directeur Programme et au membre du personnel du Programme de développement agricole de l'État d'Abia pour l'aide qu'ils ont apportée à ce travail malgré les problèmes de sécurité dans l'État pendant que le projet était en cours.

Références

- Akpomie, O. O., & Ojeh, V. N. (2018). Awareness and adoption of sustainable agricultural practices among cashew farmers in Abia State, Nigeria. *Journal of Agricultural Extension and Rural Development*, 10(4), 94-102.
- Azam-Alli, S.H and Judge,E.C (2001) Small-scale cashew nut processing. Rugby, UK: Food and Agriculture organization, FAO, Rome, 70 pp – FAO. http://www.anacardium.info/IMG/pdf/Small-scale_Cashew_Nut_Processing_-_FAO_2001.pdf. Accessed 15 June 2023
- Chukwu, J. O., & Nwokocho, U. M. (2019). Infrastructure constraints to cashew nuts production in Abia State, Nigeria. *Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment*, 15(2), 70-77.
- Abubakar, Muhammed (2023) "FG: Nigeria made \$250m from cashew nut exports in 2022." *The Cable*, 25 January 2023. <https://www.thecable.ng/fg-nigeria-made-250m-from-cashew-nut-exports-in-2022>. Accessed 14th June, 2023
- Ajanaku, Ojo(2021) "Nigeria produces 120,000 tonnes of cashew annually" *News Agency of Nigeria*. <https://nairametrics.com/2021/02/16/nigeria-produces-120000-tonnes-of-cashew-annually>. Accessed 14th June, 2023

TRANSFORMATION DES NOIX ET POMMES DE CAJOU (ANARCADIUM OCCIDENTALE L) : AMÉLIORER LES MOYENS DE SUBSISTANCE DES POPULATIONS RURALES DÉMUNIES DANS LES ZONES DE PRODUCTION DE NOIX DE CAJOU AU GHANA

Esther Gyedu-Akoto, Terra Nyarko, Margaret Aduama-Larbi and Emmanuel O. Agyei

Cocoa Research Institute of Ghana, P.O. Box 8, Akim-Tafo, Ghana

RÉSUMÉ

La production de cajou revêt une grande importance au Ghana depuis les deux dernières décennies et bénéficie du soutien du gouvernement du Ghana et d'organisations non gouvernementales (ONG) telles que l'Initiative pour la compétitivité du cajou (ComCashew), l'Alliance africaine du cajou (ACA) et Technoserve. De nombreux pays en développement ne sont pas parvenus à tirer parti de la valeur économique de la noix de cajou, en dépit de son importance sur les marchés internationaux et de la haute valeur nutritionnelle des pommes. Au Ghana, de nombreux efforts ont été déployés afin d'améliorer la production de cajou au moyen de techniques de production perfectionnées. Toutefois, en dépit des efforts déployés en vue de promouvoir une industrie de transformation de la noix de cajou compétitive, la transformation des noix demeure très faible, plus de 90 % des noix étant exportées. En outre, on laisse les pommes pourrir dans la plantation, à même le sol. On ne saurait trop souligner la nécessité de créer de la valeur ajoutée afin de générer davantage de revenus à partir de la noix de cajou. La production de cajou est concentrée dans les zones de transition de la savane et de la savane du Nord, qui sont réputées être parmi les régions les plus pauvres du Ghana. Afin de réduire la pauvreté dans ces zones et d'améliorer les moyens de subsistance de la population, il est indispensable d'évaluer les avantages de la transformation du cajou et d'élaborer des stratégies visant à promouvoir la transformation à travers la consommation de noix de cajou au plan local. Le présent document examine en détail la transformation de la noix et de la pomme de cajou afin de montrer leur importance pour l'économie ghanéenne. L'analyse des coûts de transformation du fruit de cajou (noix et pomme) y est également expliquée. Les perspectives, les opportunités et les défis ainsi que les stratégies visant à atténuer ces défis dans la transformation des fruits y sont également abordés.

Mots-clés : Perspectives, défis et opportunités, coût de production, analyse FFPM (Forces, faiblesses, possibilités et menaces)

INTRODUCTION

Le cajou fait désormais partie des produits de base agricoles importants dans de nombreux pays. Toutefois, le Ghana doit encore tirer parti du potentiel de cette culture de rente qui offre des avantages considérables pour l'ensemble du pays. Sa production est concentrée dans les zones de transition de la savane et de la savane du Nord, qui sont réputées être parmi les régions les plus pauvres du Ghana. Il s'agit d'une activité de petits exploitants dont les exploitations individuelles varient de 0,8 à 3,0 ha (Osei Akoto, 2022). En tant que plante résiliente et résistante à la sécheresse, capable de s'adapter à des mauvaises conditions de sol, l'anacardier offre des avantages sur le plan environnemental en prévenant la déforestation et l'érosion des sols, en particulier en Afrique subsaharienne (Cambon, 2003). Il a été découvert que l'écorce, les feuilles et le jus de pomme de cette plante ont des propriétés médicinales et un usage non alimentaire. Les tisanes à base d'écorces étaient utilisées pour le traitement de la diarrhée et du paludisme, et l'huile de coque caustique contenue dans la coque servait au traitement des infections cutanées, des verrues, des vers et des larves d'œstres sous la peau (Davis, 1999). Fait plus important encore, sa culture et son exploitation sont jugées prometteuses sur le plan économique, tant pour les producteurs ruraux que pour les transformateurs industriels des zones urbaines, en termes de création d'emplois et de valeur ajoutée pour les économies émergentes.

La pomme de cajou, qui constitue une excellente source de nutrition, a une teneur en vitamine C cinq fois plus élevée que celle d'une orange (Barros et al., 2001). Sa teneur en calcium, en fer et en vitamine B 1 est également plus élevée que celle d'autres fruits tels que l'avocat et la banane. Elle est toutefois très périssable et peut être consommée à l'état frais ou sous forme de jus. Au Brésil, les pommes de cajou fraîches sont conditionnées en barquettes et commercialisées dans les points de vente au détail de denrées fraîches (Filgueira et Alves, 2001). À l'heure actuelle, au Ghana, on laisse souvent les pommes pourrir dans la plantation, à même le sol. À l'Institut ghanéen de recherche sur le cacao, des protocoles ont été élaborés pour la production de jus de fruits, de confitures et de marmelades, de boissons alcoolisées telles que le vin, le gin et l'eau-de-vie à partir des pommes. Le présent document vise à évaluer les perspectives, les défis et les opportunités de la transformation de la noix de cajou, en particulier dans les zones rurales du Ghana.

Production et commercialisation des noix de cajou brutes (NCB) au Ghana

Le rendement moyen de la production de cajou au Ghana oscille actuellement entre 800 et 1 500 kg/ha (Osei Akoto, 2022). La production totale de cajou au titre de la campagne 2022 s'élevait à 200 000 TM et le Ghana devrait produire 300 000 TM à l'horizon 2030, selon Osei Akoto, 2022. Depuis 1992, la production de cajou au Ghana a connu une hausse annuelle de 5,1 %. À l'origine, les noix étaient vendues à des acheteurs venant de Côte d'Ivoire, à bas prix. Toutefois, au début des années 1990, des entreprises ghanéennes avaient commencé à acheter des noix destinées à l'exportation et les premières NCB de 15 TM ont été exportées en 1991 (Dannson, 2002). La commercialisation de la récolte se fait par l'intermédiaire de coopératives agricoles, de négociants et d'agents. Plus de 90 % des noix récoltées sont vendues à l'exportation vers l'Inde, où elles sont transformées en amandes et vendues à l'Europe, à l'Asie et aux États-Unis. Le commerce du cajou au Ghana a connu une croissance rapide au cours des quelques dernières années. Toutefois, une partie des exportations du pays provient du commerce transfrontalier avec la Côte d'Ivoire et le Burkina Faso. Le commerce international du cajou est encore à un stade précoce par rapport à d'autres produits de base, étant donné qu'il a débuté il y a environ 70 ans (Beyadi, 2008).

La commercialisation des noix de cajou occupe désormais une place centrale dans le développement économique du Ghana. La chaîne allant du producteur à l'exportateur subit d'importantes fluctuations de prix, dues à une combinaison de facteurs internes et externes (CDP,

2007). Au niveau interne, on note une mauvaise circulation de l'information sur la commercialisation et la fixation des prix de la noix de cajou entre les producteurs et les exportateurs. Au nombre des facteurs externes figurent l'instabilité des marchés monétaires internationaux et les variations de la production mondiale de cajou. Il arrive que, certaines années, la production baisse soudainement jusqu'à atteindre la moitié du niveau de la campagne précédente (Quenum, 2001). En général, les prix des noix de cajou sont très bas au début de la campagne, mais ils grimpent vers la fin de la campagne. La raison pourrait en être que les acheteurs ou les transformateurs en Inde pourraient ne pas avoir passé de contrats avec les exportateurs en Afrique de l'Ouest (Cambon, 2003). Les exploitants agricoles à court de liquidités au début de la campagne sont également contraints de vendre leur production à un prix très bas. Les prix varient entre les villages voisins, en raison de l'absence de coopératives agricoles solides pouvant convenir d'un prix minimum satisfaisant pour la campagne. Les exploitants des zones reculées se voient également proposer des prix plus bas en raison des coûts de transport plus élevés. Le prix des noix de cajou brutes est également fonction de l'origine de la production (Cambon, 2003). Il ressort de tous ces éléments que les activités menées tout au long de la chaîne de commercialisation des NCB ne sont pas réglementées. Par conséquent, la création d'un organisme de régulation, à savoir l'Autorité pour le développement des cultures arboricoles (TCDA), en 2020, vient à point nommé.

Transformation des noix de cajou au Ghana

Pionnière de la transformation moderne des noix de cajou, l'Inde s'est maintenue au premier rang des producteurs mondiaux pendant des décennies avant 2002. La transformation du cajou s'effectue à partir de la collecte des noix à la plantation et de leur séchage au soleil sur des nattes pendant environ 3 à 4 jours, jusqu'à ce qu'elles sèchent dans la coque. Les opérations de transformation consistent à torrifier/cuire à la vapeur les noix, à refroidir les noix cuites à la vapeur, à les décortiquer, à sécher les amandes, à les dépelliculer, à les trier, à les classer par grades ainsi qu'à les conditionner. La transformation des noix de cajou s'avère la plus difficile en raison du liquide de coque de cajou (CNSL) caustique contenue dans la coque de cajou. Le CNSL est susceptible de contaminer les noix et de provoquer des cloques sur la peau humaine. On distingue trois modes de transformation : les technologies de transformation manuelle, semi-mécanisée et entièrement mécanisée (ACi, 2015). Au Ghana, la plupart des opérations de transformation sont réalisées manuellement, ce qui requiert un capital de base plus faible et offre un meilleur rendement en termes d'amandes et de quantités de noix entières produites que lorsque l'opération est mécanisée. Toutefois, ce mode requiert un nombre relativement important d'ouvriers qui travaillent et courent le risque d'exposition au CNSL.

La plupart des usines de transformation sont de petite taille et emploient entre 10 et 100 personnes en fonction de la capacité de l'usine. Le stockage des NCB afin de permettre aux usines de fonctionner tout au long de l'année représente l'un des coûts les plus importants. La période de récolte des noix de cajou ne dure qu'environ 60 jours, de sorte que si une usine qui transforme 500 kg de noix brutes par jour devrait être maintenue en activité pendant 200 jours par an, elle aura besoin d'un stock d'environ 100 000 kg de NCB. Des efforts sont actuellement déployés pour développer l'industrie de transformation locale afin d'apporter une valeur ajoutée aux noix brutes, mais la filière demeure nettement moins développée que d'autres industries de transformation des produits de base.

Profil des transformateurs de noix de cajou au Ghana

Au cours des deux dernières décennies, dix-sept (17) usines de transformation ont été construites au Ghana (Tableau 1). La taille de ces usines varie et celles-ci peuvent être classées en grandes, moyennes ou petites entreprises. On peut également les regrouper en coopératives, usines implantées en milieu urbain et rural. Chaque usine résulte d'une combinaison des catégories susmentionnées. Les combinaisons sont les suivantes : grande/moyenne/petite entreprise implantée en milieu urbain ; grande/moyenne/petite entreprise implantée en milieu rural et coopérative établie en milieu rural. Le Ghana compte 2 transformateurs de grande taille, 4 transformateurs de taille moyenne et 11 transformateurs de petite taille (Tableau 1). Les usines de grande et moyenne taille produisent essentiellement des amandes destinées à l'exportation, tandis que celles de petite taille visent le marché intérieur. Les 4 plus grands transformateurs proviennent d'investissements étrangers directs (IED), les autres étant des investissements locaux. Sur les dix-sept usines, dix (10) ne sont plus en activité et ont cessé leur activité, du fait principalement des problèmes liés au coût des NCB, de la main d'œuvre et de la difficulté d'accès au financement.

Tableau 1 : Unités de transformation de noix de cajou brutes au Ghana au titre de l'année 2022

Échelle de production	Raison sociale de l'entreprise	Situation géographique	Capacité installée (TM de NCB/an)	Statut
Grande échelle > 15 000	Usibras	Prampram	35,000	Active
	Rajkumar	Techiman	15,000	Fermée
Moyenne échelle 1 000-15 000	Mim Cashew & Agricultural Products Ltd.	Mim	7,000	Active
	Chinese Factory	Sampa	3,000	Fermée
	Kona Agro Processing Ltd	Awisa	1,800	Fermée
	Muskan Ghana Ltd	Sampa	1,500	Fermée
Petite échelle < 1 000	NASAKA	Kabile	200	Active
	NASAKA	Sampa	20	Fermée
	NASAKA	Nsawkaw	100	Fermée
	ShopBest Company Ltd	Accra	25	Fermée
	Nsuro	Accra	10	Active
	CRIG	Bole	100	Active
	Winker Agro Processing Co.	Afiencya	500	Fermée
	Cash nut Foods Ltd	Faaman	750	Fermée
	Jelana Company Ltd	Jamera	250	Fermée
	Innovative Organic Cashew Ltd	Frante	600	Active
	Nafana Agro Processing Ltd	Sampa	100	Active

Usine de transformation du CRIG

Cette unité de transformation de noix de cajou est la première et la seule des cinq régions du Nord du Ghana. Elle a été créée par l'Institut ghanéen de recherche sur le cacao (CRIG) en 2005, avec le soutien du Projet de développement du cajou (CDP) d'alors. Il s'agit d'une usine de petite taille à fonctionnement manuel, qui a démarré ses activités en mars 2006. Elle fonctionne actuellement avec un effectif total de 25 employés, composé d'un superviseur, de préposés à la cuisson à la vapeur et au four qui sont tous des hommes, ainsi que de 22 femmes. Le personnel féminin se compose de 10 ouvrières préposées à la coupe, de 8 ouvrières préposées au dépelliculage et de 4 ouvrières chargées du classement par grade. La capacité de transformation de l'unité est de 100 TM de noix brutes par an et elle est alimentée par des noix provenant des parcelles expérimentales de cajou du CRIG. Les amandes commercialisables obtenues à l'usine sont acheminées vers l'Unité de développement de nouveaux produits du CRIG en vue de leur transformation et de leur commercialisation. L'analyse des coûts de transformation des NCB dans l'usine est présentée dans le Tableau 2. Les coûts de démarrage et de fonctionnement pourraient varier considérablement en fonction de chaque situation.

Cette analyse repose sur les fondements et les hypothèses ci-après :

- i. la production annuelle moyenne de NCB sur les parcelles du CRIG s'élève à 350 sacs (28 TM) ;
- ii. la cueillette, le séchage et le stockage ont lieu pendant la principale saison de récolte, de fin décembre à fin mars ;
- iii. la rémunération pour la cueillette, le séchage et le stockage se fait à la tâche ;
- iv. le nombre de jours consacrés à la transformation des NCB est de 4 par semaine, avec un taux de transformation de 4 sacs/jour ;
- v. la transformation est effectuée en continu pendant six mois ;
- vi. les salaires des travailleurs qualifiés sont calculés sur la base des taux en vigueur au CRIG ;
- vii. les coûts des équipements sont basés sur les prix moyens de ceux-ci ;
- viii. les quantités d'amandes commercialisables obtenues représentent environ 14 % de l'ensemble des NCB transformées (3 920 kg) ; et
- ix. 85 % des amandes commercialisables se présentent sous forme entière (3 332 kg).

Tableau 2 : Coût de l'analyse pour la transformation de 28 TM de NCB

Rubrique	Coût (GH ₵)
a. Transformation primaire	
Main-d'œuvre directe pour la collecte et le stockage	55 060,08
Main-d'œuvre directe pour la transformation	112 520,16
Intrants pour la production et la transformation	5 000,00
Sous-total	172 580,24
Prix de vente des noix entières	80,00/kg
Prix de vente des noix brisées	50,00/kg
Total des recettes générées	295 960,00
Bénéfice brut (%)	71,5
b. Transformation secondaire	
Intrants pour la torréfaction	47 350,00
Main d'œuvre pour la torréfaction	29 922,17
Sous-total	77 272,17
Prix de vente des noix entières torréfiées	150,00/kg
Prix de vente des noix brisées torréfiées	100,00/kg
Recettes totales générées après la torréfaction	558 600,00
Bénéfice brut (%)	124

*Les chiffres sont des estimations en cédés ghanéens (le taux actuel du cedi par rapport au dollar est de 12,00 Gh ₵ pour 1,00 \$).

Un bénéfice brut annuel estimé à 71,5 % pourrait être réalisé sur la transformation primaire des NCB en amandes au CRIG, tandis que jusqu'à 124 % pourraient être réalisés après la transformation secondaire (Tableau 2). L'analyse indique qu'en dépit de sa capacité de transformation totale installée de 100 TM, l'usine transforme environ 28 TM chaque année.

Marché des amandes transformées au Ghana

La consommation de noix de cajou au Ghana demeure très faible. En 2014, le Ghana a produit au total 1 250 TM d'amandes et seulement 9 % de cette quantité a été consommée au plan local, les 91 % restants ayant été exportés (ACi, 2015). Les amandes consommées au niveau local

sont produites principalement par les usines de petite taille et sont commercialisées auprès des torréfacteurs qui procèdent à la transformation finale et au conditionnement dans des sacs et des bocaux en plastique pour le marché intérieur. Les produits finaux sont principalement commercialisés dans les supermarchés et les supérettes des stations-service. Le Ghana dispose d'environ trente (30) transformateurs d'amande de cajou. Il s'agit principalement de torréfacteurs et de quelques chocolatiers artisanaux qui utilisent les amandes dans des confiseries à base de chocolat. Au CRIG, les amandes torréfiées sont commercialisées dans un petit magasin situé dans l'enceinte du centre. Le Tableau 3 présente les quantités et les ventes d'amandes de cajou torréfiées commercialisées par le CRIG de 2015 à 2020. Ces données indiquent qu'il existe une demande locale d'amandes de cajou torréfiées et de ses dérivés. Bien que le CRIG se penche déjà sur les avantages de la transformation et de la promotion de la consommation locale de noix de cajou, cette action n'est pas encore suffisante. De ce fait, il s'avère important de conjuguer les efforts afin de promouvoir la transformation des noix brutes au cours de la phase de développement de l'industrie.

Tableau 3 : Ventes d'amandes de cajou torréfiées et de ses dérivés au CRIG

Année	Production (kg)	Montant (GH ₵)
2015	3086	98 380,88
2016	2095	115 296,00
2017	1414	109 282,00
2018	1924	149 604,00
2019	2072	175 824,00
2020	1830	148 224,00
Totale	12 421	796 610,88

Source : Rapport d'activité annuel du CRIG (2015-2020)

Transformation de la pomme de cajou au Ghana

La production actuelle de noix de cajou au Ghana entraîne une perte d'environ 1,8 million de TM de pommes. Le jus des pommes provenant de la partie nord du Ghana a une teneur importante en sucres, en minéraux tels que K, Ca, Mg, Zn et Fe, en vitamine C ainsi qu'en polyphénols (Lowor et Agyente-Badu, 2009). Afin d'apporter une valeur ajoutée aux pommes de cajou, le CRIG a créé des produits tels que des boissons à base de jus frais, des confitures et des marmelades (Gyedu-Akoto, 2011). Ces produits ont une forte valeur nutritionnelle et leur teneur en minéraux est appréciable (Gyedu-Akoto, 2011). Des boissons alcoolisées telles que le gin, l'eau-de-vie et le vin ont également été fabriquées à partir du jus de pomme de cajou. Le vin obtenu à partir du jus de cajou a également une teneur élevée en minéraux et en polyphénols (Gyedu-Akoto et al., 2021). La viabilité économique de ces produits a également fait l'objet d'une étude qui a montré qu'il existe une demande locale pour ces produits et que leur production est également rentable (Gyedu-Akoto et al., 2013). L'analyse des coûts de transformation des pommes de cajou pour la production de jus et de vin est présentée dans le Tableau 4.

Cette analyse repose sur les fondements et les hypothèses ci-après :

- i. en moyenne, 120 kg de pommes fraîches de cajou sont cueillies chaque jour sur les parcelles du CRIG, ce qui permet d'obtenir environ 80 litres de jus frais ;
- ii. la collecte et la transformation en jus frais ont lieu pendant la principale saison de récolte (environ 70 jours) ;
- iii. les salaires pour la collecte et la transformation sont calculés sur la base des taux en vigueur au CRIG (12 travailleurs/jour) ;
- iv. les coûts des équipements sont basés sur les prix moyens de ceux-ci ; et
- v. la quantité totale de jus de pomme extraite au cours de la période est de 5 600 litres.

Tableau 4 : Analyse des coûts de production du vin de cajou

Rubrique	Coût (GH ₵)
a. Production of juice drink	
Main-d'œuvre directe pour la collecte et l'extraction du jus	36 531,60
Main-d'œuvre directe pour la transformation et l'extraction du jus	41 600,16
Intrants pour la transformation	10 763,67
Sous-total	88 895,43
Prix de vente/L	25,00
Total des recettes générées	140 000,00
Bénéfice brut (%)	57,5
b. Production de vin	

Tableau 4 : Analyse des coûts de production du vin de cajou

Rubrique	Coût (GH ₵)
a. Production de jus de fruits	
Main-d'œuvre directe pour la collecte et l'extraction du jus	36 531,60
Main-d'œuvre directe pour la transformation et l'extraction du jus	41 600,16
Intrants pour la transformation	10 763,67
Sous-total	88 895,43
Prix de vente/L	25,00
Total des recettes générées	140 000,00
Bénéfice brut (%)	57,5
b. Production de vin	
Main-d'œuvre directe pour la collecte et l'extraction du jus	36 531,60
Main-d'œuvre directe pour la transformation du vin	41 600,16
Intrants pour la transformation	44 121,00
Sous-total	122 252,76
Prix de vente/ 750 ml	40,00
Recettes totales générées après la torrification	298 666,67
Bénéfice brut (%)	144

À l'instar de la transformation de la noix, on estime à 57,5 % le bénéfice brut annuel pouvant être réalisé par la transformation de la pomme de cajou en jus de fruit et à 144 % celui pouvant être réalisé par la production de vin (Tableau 4). Outre le CRIG, le Ghana ne compte que cinq entreprises de transformation de la pomme de cajou, qui relèvent toutes de la catégorie de l'industrie artisanale. Il s'agit des entreprises ci-après : Natu, Daff, C-cash, Wangariba et Bansam. L'entreprise Bansam produit des boissons alcoolisées, tandis que les autres produisent des boissons à base de jus naturel à partir des pommes.

Potentiels/avantages de la transformation

Outre la valeur ajoutée, la transformation de la noix de cajou permet de créer des emplois et d'assurer l'existence d'un marché local de produits à base de noix de cajou. La plupart des usines de transformation des noix, qu'elles soient actives ou inactives, ainsi que les entreprises de transformation des pommes sont implantées au sein des communautés productrices de noix de cajou au Ghana et constituent donc une source d'emploi pour les communautés rurales. Ces usines emploient des personnes issues des communautés dans lesquelles elles opèrent, créant ainsi un certain sentiment de familiarité. Il convient de noter un aspect important de l'emploi généré, à savoir le pourcentage élevé d'emplois réservés aux femmes. Parmi ces femmes, nombreuses sont celles qui sont des exploitantes agricoles et qui ne travaillent dans leur plantation que pour assurer leur subsistance et celle de leur famille. La préférence est accordée aux femmes par rapport aux hommes car elles se sont révélées être des travailleuses plus fiables et plus sérieuses. On constate également qu'elles effectuent un travail soigné lors du dépelliculage et du classement des amandes par grades. S'il est vrai que les avantages ne se résument pas à une simple rémunération et à un emploi pour les membres de la communauté, ces femmes trouvent passionnant de travailler au sein de leur communauté et de gagner un peu d'argent. Elles éprouvent un sentiment de fierté à l'idée d'exercer une nouvelle activité en dehors de l'agriculture.

Les autres avantages des fruits du cajou (noix et pommes) résident dans leur haute valeur nutritionnelle. Les amandes provenant de certaines régions productrices de noix de cajou au Ghana ont des teneurs en protéines allant de 26 à 29 % et des teneurs en matières grasses allant de 44 à 50 % (Gyedu-Akoto et al., 2014). Près de 82 % des matières grasses contenues dans les amandes de cajou sont constituées d'acides gras polyinsaturés, qui peuvent contribuer à réduire le taux de lipides de faible densité (LDL) ou mauvais cholestérol (Visalakshi et al., 2015). Elles constituent en outre une bonne source de minéraux et de vitamine E (Rico et al., 2015). Les pommes constituent également une bonne source de minéraux, de vitamine C et de polyphénols tels que les flavonoïdes, les tanins et les acides phénoliques (Chung et al., 1998 ; Lowor et Agyente-Badu, 2009). Les polyphénols présents dans la pomme de cajou confèrent à celle-ci son astringence, sa couleur, sa saveur et son odeur. Ils possèdent également des propriétés antioxydantes et antimicrobiennes et sont reconnus de longue date pour leurs vertus médicinales. La vitamine C contenue dans la pomme contribue à renforcer l'immunité.

La transformation des noix de cajou pourrait permettre de réduire au minimum la perte de pommes, d'assurer la sécurité alimentaire et de réaliser des bénéfices à court terme. Elle constitue également une source de revenus supplémentaire pour les exploitants agricoles, en particulier les femmes. La transformation du cajou pourrait également contribuer à diversifier les produits et à étendre la disponibilité des produits traditionnels et non traditionnels dérivés de la noix de cajou. Le Tableau 5 présente l'analyse des forces, faiblesses, possibilités et menaces (FFPM) de la transformation des fruits de cajou au Ghana.

Tableau 5 : Analyse FFPM de la transformation du cajou (pomme + noix)

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> • Taille de l'entreprise raisonnable, pas trop grande • Conforme à la culture rurale • Environnement convivial • Existence d'une demande locale pour les produits, en particulier pour les amandes transformées • Rapport coût/bénéfice élevé • Production de cajou en croissance constante au Ghana 	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts de démarrage élevés • Faible niveau d'information et de sensibilisation des consommateurs • Faible pouvoir d'achat des consommateurs • Accès limité des produits aux consommateurs • Industrie naissante, besoin d'assistance • Faible niveau de compétitivité • Insuffisance des fonds pour la constitution de stocks de NCB par les transformateurs
Possibilités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> • La population du Ghana, qui s'élève approximativement à 29 millions d'habitants, constitue un énorme marché pour les produits à base de noix de cajou. • Agritourisme • Création d'emplois pour la population rurale, dans la perspective de la réduction de la pauvreté et de la croissance économique 	<ul style="list-style-type: none"> • Forte demande du marché international pour les NCB • Prix élevés des produits dérivés du cajou sur le marché local, en particulier les amandes. • Exportations élevées de NCB au Ghana • Inaccessibilité du financement

Stratégies visant à atténuer les défis

L'industrie locale de transformation du cajou, en particulier la transformation des noix, connaît un effondrement progressif et ne survivra que si la gestion de la filière est adéquate. Avec la création de la TCDA, le gouvernement et toutes les parties prenantes de la chaîne de valeur du cajou doivent conjuguer leurs efforts afin de promouvoir la transformation et la consommation du fruit du cajou, qu'il s'agisse de la noix ou de la pomme, étant donné que cette initiative contribuera à développer un marché local bien établi pour les produits du cajou. Pour ce faire, les mesures suivantes sont envisageables :

1. sensibiliser et informer la population sur les avantages de la transformation des noix de cajou pour les populations rurales démunies et l'économie ghanéenne dans son ensemble. Cette action pourrait s'inscrire dans le cadre des programmes scolaires et universitaires. Par exemple, l'Initiative pour le développement des compétences au Ghana (GSDI), en coopération avec la Commission pour l'enseignement et la formation technique et professionnel (CTVET) et la GIZ, a entrepris d'élaborer un programme d'études sur la chaîne de valeur du cajou destinés à tous les niveaux d'études, depuis le certificat national de compétences jusqu'à la licence en technologie pour les universités techniques.
2. le gouvernement en collaboration avec les médias de masse et d'autres parties prenantes devrait déployer des efforts afin de fournir l'espace et le temps nécessaires à la sensibilisation sur l'utilisation et les avantages pour la santé du fruit du cajou.
3. le Ghana compte un grand nombre de producteurs de noix de cajou et la plupart d'entre eux ignorent les usages et les bienfaits du fruit du cajou pour la santé. Ainsi, la sensibilisation à la transformation du cajou lors des rassemblements des exploitants agricoles et des programmes des radios communautaires revêt une grande importance.
4. créer des groupes de transformateurs solides (notamment des torréfacteurs) à l'échelle locale et nationale afin de les doter d'un meilleur pouvoir de négociation pour qu'ils soient en mesure de traiter avec les exploitants agricoles, les négociants, les fournisseurs d'équipement, les bailleurs de fonds, entre autres.
5. des mesures devraient être prises en faveur des torréfacteurs afin de les encourager à conditionner les produits de la noix de cajou dans des formats attrayants et abordables pour la vente au détail dans les écoles, dans les rues, dans les communautés agricoles et dans d'autres lieux propices à la vente.
6. dans le cadre de la sensibilisation, des mesures devraient être prises en faveur des transformateurs afin de les inciter à organiser des foires et des expositions de leurs produits.
7. des mesures devraient être prises en faveur des professionnels de l'hôtellerie et de la restauration afin de les inciter à intégrer les produits dérivés de la noix de cajou à leurs recettes et leurs menus.
8. des mesures devraient être prises en faveur des entreprises, des ministères, des organismes et des départements afin de les inciter à servir des produits dérivés de la noix de cajou lors de réunions, séminaires et conférences.
9. le gouvernement pourrait en outre instituer une Journée nationale du cajou, à l'instar de celle du cacao.
10. les transformateurs devraient avoir accès au crédit et aux prestataires de services afin d'accroître la transformation des noix de cajou et de contribuer à la réduction de la pauvreté dans les communautés rurales du Ghana.
11. en raison de la fermeture actuelle des usines de transformation du cajou, des efforts devraient être déployés afin de créer un environnement propice aux transformateurs existants et à ceux qui envisagent de le devenir. À titre d'exemple, la mise en place de mesures incitatives innovantes visant à encourager les exploitants agricoles à commercialiser leurs NCB auprès des transformateurs et à les fidéliser

davantage.

12. des programmes de formation sur la transformation des pommes et noix de cajou devraient être organisés à l'intention des exploitants agricoles, des transformateurs existants et de ceux qui envisagent de le devenir.

13. les exploitants agricoles devraient être encouragés à commercialiser leurs NCB auprès des transformateurs afin d'éviter les fluctuations de prix.

CONCLUSION

La transformation au plan local tant des pommes que de noix de cajou s'est avérée très rentable, avec une estimation des bénéfices bruts comprise respectivement entre 57,5 et 144 % et entre 71,5 et 124 %. Elle constitue également une source d'emploi pour les communautés rurales, en particulier pour les femmes. En raison du nombre insuffisant d'unités de transformation au Ghana, il convient d'attirer les investisseurs, que ce soit sous la forme d'associations, de coopératives locales ou de petites et moyennes entreprises privées, dans ce secteur afin de réduire les exportations de noix brutes et de créer des revenus aussi bien pour les exploitants agricoles que pour les autres membres des communautés rurales. L'un des principaux atouts de la transformation du cajou tient à l'existence d'une demande locale et aux opportunités offertes par l'agritourisme, qui gagne en popularité dans le secteur agricole ghanéen, à l'instar du cacao. Le secteur de la transformation présente quelques faiblesses, notamment les coûts de démarrage élevés, le faible pouvoir d'achat des consommateurs et la distance entre les produits et les consommateurs. Les stratégies visant à atténuer certaines de ces faiblesses consistent à sensibiliser et à informer les populations des avantages économiques de la transformation du cajou pour le monde des affaires au Ghana, ainsi qu'à fournir un accès au financement et aux prestataires de services aux transformateurs afin de promouvoir une industrie de transformation compétitive. Le regroupement des transformateurs revêt également une importance capitale pour faciliter la mise en œuvre des campagnes de commercialisation et renforcer le pouvoir de négociation.

Références

- ACi (African Cashew Initiative), (2015). Background information on stakeholder workshop on Cashew Masterplan Development, MoFA/ACi/DANIDA.
- Barros L.M., Paiva J.R. and Cavalcanti J.V. (2001). Cashew (*Anacardium occidentale* L.): A review of Brazilian current research situation, Report of the 1st World Cashew Congress, Cochin, pp 47-51.
- Beyadi A., (2008). Tanzania striving to have reliable cashew nut processing plants, Guardian newspaper.
- Cambon S. (2003). Upgrading in the Cashew Nut Value Chain: The Case of the Casamance, Senegal, {<http://www.organiccashewnuts.com/html>}, (accessed 2008 January 21).
- Cashew Development Project (CDP) (2007). Status of Ghana Cashew Industry, {<http://www.ghanacashewproducts.com/html>}, (accessed 2008 January 21).
- Chung K.T., Wong T.Y., Wei C.I., Huang Y.W. and Lin Y. (1998). Tannins and human health: a review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38(6): pp 421-464
- Dannson A. (2002). Farm-agribusiness linkages in Ghana – a report prepared for FAO.
- Davis K. (1999). Cashew- ECHO Technical note, Issue 64.
- Filgueira H.A.C. and Alves R.E. (2001). Cashew apples for fresh consumption in Brazil, Report of the 1st World Cashew Congress, Cochin, pp 53-55
- Gyedu-Akoto E., (2011). Utilization of some cashew by-products, *Emerald Nutrition and Food Science*, vol 41 (6), pp.
- Gyedu-Akoto E., Lowor S.T., Assuah M., Kumi W. and Dwomoh E.A. (2014). Assessment of post-harvest handling effects on quality of cashew nuts and kernels in Ghana, *Journal of Scientific Research and Reports*, vol 3(7), pp 953-965.
- Gyedu-Akoto E., Takrama J.F., Oddoye E.O.K, Kumi W. and Aneani F. (2013). Production and marketing of products developed from cocoa and cashew by-products, *CRIG Annual Progress Report*, pp 195-197.
- Gyedu-Akoto E., Kumi Asare E., Opoku S.Y. Dadzie A.M. and Ofosu-Agyei E. (2021). Effects of roasted coffee on the chemical, microbiological and sensory qualities of fermented cocoa and cashew juices, *Nutrition and Food Science*, vol.51 (6), pp 989-1005, <https://doi.org/10.1108/NFS-09-2020-0355>.
- Lowor S.T. and Agyente-Badu C.K. (2009). Mineral and Proximate Composition of Cashew Apple (*Anacardium occidentale* L.) Juice from Northern Savannah, Forest and Coastal Savannah Regions in Ghana, *American Journal of Food Technology*, vol 4, pp 154-161.
- Osei Akoto S. (2022). Sustainable cashew production strategies in Ghana, In: *Perspectives on cashew in Africa*, ACA Newsletter, 2022 Edition, Issue no. 1, ACA.
- Quenum B.M. (2001). Cashew nut worldwide market, Dr Quenum and Associates/BusinessAfricaTM, US.
- Rico R., Bulló M. and Salas-Salvadó J. (2015). Nutritional composition of raw fresh cashew (*Anacardium occidentale* L.) kernels from different origin. *Food Science & Nutrition*, vol 4, DOI: 10.1002/fsn3.294.
- Visalakshi M., Jawaharla M. and Ganga M. (2015). Cashing in on cashew, *Acta Hort.*, vol 1080, pp 103-107, DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1080.11

ESSAI BIOLOGIQUE DES ENTOMOPATHOGÈNES ASSOCIÉS AUX PRINCIPAUX INSECTES NUISIBLES AU CAJOU (*ANACARDIUM OCCIDENTALE L*) AU GHANA

*G. K. Awudzi¹, I. Amoako-Attah², S. W. Avicor¹, Y. Bukari², E. K. Asare², A. K. Antwi-Agyakwa¹, R. Adu-Acheampong¹

¹Division de l'entomologie, Institut ghanéen de recherche sur le cacao, P.O. Box 8, New Tafo-Akim, Ghana

²Division de la pathologie végétale, Institut ghanéen de recherche sur le cacao, P.O. Box 8, New Tafo-Akim, Ghana

Auteur correspondant* anthocyanin22@yahoo.com

Résumé

La lutte contre les insectes ravageurs au cajou au Ghana s'effectue principalement à l'aide d'insecticides conventionnels qui sont efficaces mais qui ont des conséquences sur l'environnement et la santé. Les objectifs de la présente étude étaient d'identifier les entomopathogènes associés aux principaux insectes ravageurs au cajou au Ghana et d'exploiter ces pathogènes pour lutter contre les nuisibles. Il s'agit de résoudre le problème de la nature dangereuse pour l'environnement des insecticides conventionnels utilisés à ce jour. L'étude a révélé plusieurs pathogènes fongiques associés aux principaux insectes ravageurs au cajou, mais *Beauveria bassiana* était le seul entomopathogène identifié. Trois concentrations de spores (101, 103 et 105 spores mL⁻¹) de *B. bassiana* se sont révélées efficaces contre *Pseudaletia devastans*, *Helopeltis schoutedeni*, *Anoplocnemis curvipes* et *Analeptes trifasciata* par rapport au témoin. Le nombre de jours avant la mort des insectes après l'application des traitements variait de 5 à 8. Le nombre de jours nécessaires à la repousse de l'entomopathogène à partir des insectes après leur mort (cadavres) était compris entre 3 et 7. Le pourcentage de ré-isolément des cultures pures de *B. bassiana* testées variait de 0 à 85 %. L'étude indique l'efficacité et l'utilisation potentielle de cet entomopathogène pour la lutte contre les insectes nuisibles au cajou. Cependant, il est nécessaire d'évaluer les isolats du *B. bassiana* dans des conditions naturelles afin de vérifier leur efficacité sur les nuisibles et leur effet sur les organismes non ciblés.

Mots clés : Cajou, *Beauveria bassiana*, champignons, isolat, insecticides, insectes ravageurs au cajou

1.0 Introduction

Le cajou est une culture tropicale majeure au Ghana et il fait l'objet d'un commerce international qui fournit les devises nécessaires (Wongnaa et Ofori 2012 ; Mensah et al., 2021). La production de noix de cajou au Ghana était de 27 000 tonnes il y a dix ans et est passée à 86 000 tonnes en 2019 (FAOSTATS 2021). Cependant, le rendement du cajou reste inférieur aux niveaux optimaux (Wongnaa et Ofori 2012 ; Danso-Abbeam et al., 2021). L'effet des insectes ravageurs sur la culture constitue l'un des facteurs permettant d'expliquer le rendement relativement faible. Au nombre des ravageurs dont l'effet ravageur sur l'économie est important, on peut citer ceux-ci-après : la punaise *Helopeltis* (*Helopeltis schoutedeni*) et les punaises coreïdes (*Pseudaletia devastans* et *Anoplocnemis curvipes*) (Dwomoh et al., 2007 ; 2008). Ces insectes suceurs de sève causent de graves dommages aux pousses de croissance, aux inflorescences et aux fruits en développement. Les pousses de croissance cessent de croître et les fruits se déforment, en particulier après l'attaque des punaises coreïdes. Les troncs et les branches de l'anacardier sont également attaqués par les ciseleurs de tige d'anacardiens (*Analeptes trifasciata*) et le foreur (*Apate terebrans*) (Dwomoh et al., 2007 ; 2008). La lutte contre ces nuisibles a été réalisée en utilisant des insecticides tels que la lambda-cyhalothrine, le chlorpyrifos et l'endosulfan par le passé (Dwomoh et al., 2007 ; Maruthadurai et al., 2012). En raison de la réglementation de l'utilisation des pesticides en vigueur dans l'Union européenne, des molécules telles que le chlorpyrifos et l'endosulfan ne peuvent plus être utilisées sur la culture. Cette interdiction est motivée par l'impact sur la biodiversité et les problèmes de résidus liés à l'utilisation de ces ingrédients actifs. L'utilisation de pesticides, bien qu'efficace dans la lutte contre les nuisibles, présente certaines contraintes. La contamination des noix et fruits par des insecticides pourrait entraîner de graves problèmes environnementaux et de santé humaine, d'où la nécessité de rechercher des méthodes de lutte contre les nuisibles caractérisées par leur innocuité relative.

Les champignons entomopathogènes (EPF) sont des agents pathogènes qui existent en tant que parasites absolus et induisent des symptômes de maladie sur les insectes hôtes (Bamisile et al., 2018). Ils sont considérés comme des biopesticides efficaces pour lutter contre les populations d'une myriade d'insectes nuisibles (Bamisile et al., 2018). Certains isolats de *Metarhizium anisopliae* ont révélé une mortalité considérable aux premiers stades immatures de *Spodoptera frugiperda* (Akutse et al., 2019). Des champignons entomopathogènes, dont *Beauveria bassiana*, *Isaria fumosorosea* et d'autres *Metarhizium* spp. ont été mis en vente sous forme de biopesticides commerciaux pour lutter contre les nuisibles de certaines cultures telles que le coton (Chandler et al., 2005).

Les EPF sont généralement spécifiques à l'hôte et ne représentent que peu ou pas de menace pour les organismes non ciblés ou les insectes utiles (Shahid et al., 2012). D'autre part, lorsqu'ils sont utilisés avec des insecticides sélectifs, les entomopathogènes augmentent l'efficacité de la lutte contre les nuisibles et réduisent la quantité d'insecticides appliquée (Neves et al., 2001). Les entomopathogènes peuvent donc être utilisés dans un système de lutte intégrée contre les nuisibles (IPM) existant sur une culture. Les entomopathogènes pourraient réduire les dommages aux cultures au-dessous du seuil économique en provoquant l'infection du nuisible hôte. Ce résultat est obtenu par la réduction de l'alimentation des nuisibles, de la ponte, du développement physiologique et de l'accouplement en vue de la croissance de la population (Thomas et al., 1997). La lutte biologique effectuée par des entomopathogènes constitue une technique importante dans les programmes de lutte intégrée contre les nuisibles, dans la mesure où elle permet de réduire la densité des populations de nuisibles (Zimmerman, 2007). Il est donc opportun de rechercher, d'identifier et de conserver les entomopathogènes, au stade naturel ou introduits, pour lutter contre les insectes nuisibles. Les avantages pour l'environnement d'utiliser moins d'insecticides chimiques dans tout système de lutte intégrée contre les nuisibles nécessitant le recours à des entomopathogènes ont rendu nécessaire la réalisation de cette étude sur le cajou. Cette pratique réduirait la contamination de l'environnement, les résidus chimiques dans les produits et l'expression de la résistance des nuisibles aux insecticides. Le cajou peut donc être produit d'une manière relativement plus durable, avec une moindre dépendance à l'égard des pesticides chimiques.

Matériel et méthodes

Collecte, élevage et incubation d'insectes

Au total, 296 insectes ont été collectés dans des exploitations de cajou à différents endroits (Tafó, Akorley, Aseseeso, Bunso, Wenchi, Sampa, Drobo, Techiman, Kintampo et Brekum) au Ghana (Figure 1) et ont été amenés à l'Institut ghanéen de recherche sur le cacao pour y être élevés. Les insectes vivants au moment de leur arrivée ont été conservés à l'insectarium, nourris et surveillés jusqu'à leur mort et incubés pour détecter l'émergence éventuelle de pathogènes. Les insectes morts ont été collectés quotidiennement et leur nombre a été enregistré. Ils ont ensuite été lavés dans deux changements d'eau distillée stérile (EDS) et transférés dans des boîtes de Pétri tapissées de papier filtre humidifié. Les pathogènes (principalement des champignons) provenant des insectes morts ont été sous-cultivés sur différents milieux de croissance (milieu gélosé de Dextrose Sabouraud (SDA) et milieu gélosé de dextrose de pomme de terre (PDA)) pour la sporulation et l'identification à l'aide d'un manuel de référence standard (Institut impérial de mycologie, 1983). Les EPF identifiés ont fait l'objet d'études plus approfondies pour déterminer leur bio-efficacité.

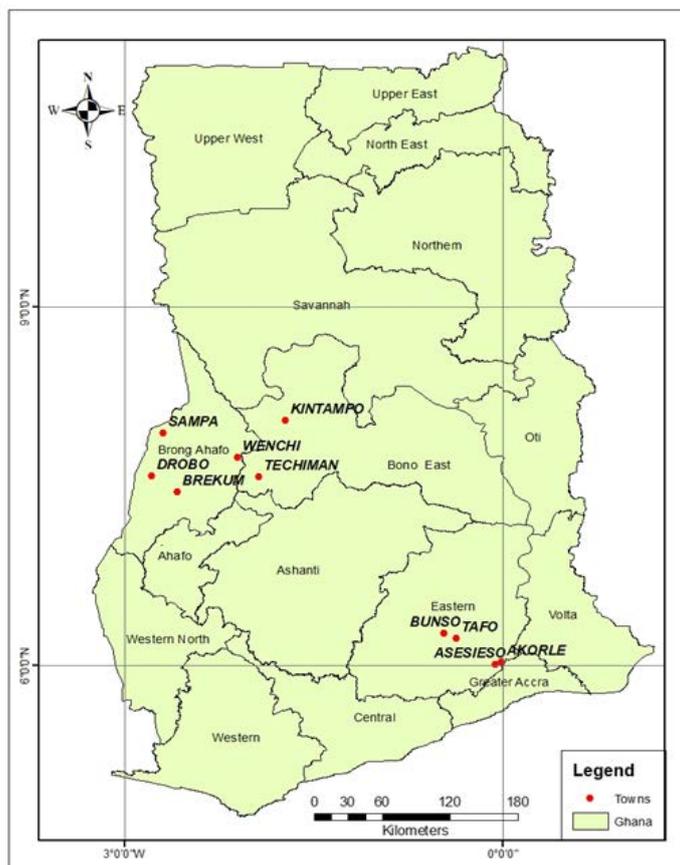


Figure 1 : Sites de collecte d'insectes

Test de bio-efficacité

L'entomopathogène *B. bassiana* a été utilisé dans le test de bio-efficacité sur les quatre principaux insectes nuisibles au cajou (*P. devastans*, *H. schoutedeni*, *A. trifasciata* et *A. curvipes*) au Ghana. L'essai biologique a été conçu comme un plan complètement randomisé avec trois concentrations différentes de spores (1×10^5 ; 1×10^3 ; $1 \times 10^1 \text{ mL}^{-1}$) plus un témoin contenant de l'EDS et répété 10 fois. Les données relatives à la mortalité ont été exprimées en pourcentage (nombre d'insectes morts / nombre total d'insectes par traitement pour chaque insecte nuisible ciblé). Après 8 jours d'évaluation de l'essai biologique, les données ont été analysées à l'aide de l'outil d'analyse de la variance dans GenStat (version 11) après transformation arc-sinus. L'écart-type des différences de la moyenne (SED) a été utilisée pour distinguer les moyennes des traitements.

Résultats

Identification des agents pathogènes fongiques

Au total, neuf agents pathogènes fongiques ont été identifiés dans les collections d'insectes, les trois plus abondants étant les espèces de *Fusarium*. (38 %), les espèces *Aspergillus*. (28 %) et *B. bassiana* (17 %) (Tableau 1). Dans certains cas (29 %), deux agents pathogènes différents ont été isolés à partir du même insecte (Tableau 1). Trois espèces de *Fusarium* et quatre espèces *Aspergillus* ont été rencontrées, à savoir *F. oxysporum*, *F. equiseti* et *F. semitectum*, ainsi que *A. niger*, *A. flavus*, *A. wentii* et *A. tamarrii* (Tableau 1). Les seuls EPF isolés et identifiés étaient *B. bassiana*.

Tableau 1 : Fréquences d'occurrence des espèces de champignons associées aux insectes collectés sur le cajou

Pathogènes	Nombre total d'isolés (%)
Fusarium (oxysporum, equiseti et semitectum)	113 (38,2)
Aspergillus (niger, flavus, wentii et tamarrii)	82 (27,7)
Mucor plumbeus	5 (1,7)
Colletotrichum gloeosporioides	4 (1,4)
Botrytis cinera	4 (1,4)
Penicillium digitatum	1 (0,3)
Rhizopus stolonifer	4 (1,4)
Arthrobotrys oligospora	1 (0,3)
Beauveria bassiana	51 (17,2)
Fusarium oxysporum / Rhizopus stolonifer	1 (0,3)
Aspergillus niger / B. bassiana	1 (0,3)
B. bassiana / Rhizopus stolonifer	2 (0,6)
Fusarium semitectum / Mucor plumbeus	1 (0,3)
Fusarium oxysporum / Aspergillus wentii	23 (7,8)
Arthrobotrys oligospora / Fusarium equiseti	3 (1,0)
Total	296

Fusarium et *Aspergillus* spp. étaient présents dans tous les lieux, sauf à Aseseeso où cette espèce n'a pas été enregistré (Tableau 2) (Figure 1). *Arthrobotrys oligospora* et *Penicillium digitatum* n'ont été recensés que sur un seul site chacun. Un agent pathogène a été enregistré sur au moins trois sites différents, à l'exception de *Colletotrichum gloeosporioides* qui a été enregistré sur deux sites (Tableau 2).

Tableau 2 : Espèces de champignons associées à des insectes collectés sur du cajou dans différentes localités

Pathogènes	Wenchi	Drobo	Kintampo	Sampa	Techiman	Akorley	Bunso	Brekum	Aseseeso	Tafo
Espèces de Fusarium	23(41,8)	33(50,8)	13(32,5)	24(38,1)	4(44,4)	1(50,0)	7(20,6)	3(23,1)	4(57,1)	1(50,0)
Espèces de Aspergillus	15(24,6)	17(26,2)	11(27,5)	11(17,5)	5(55,6)	1(50,0)	17(50,0)	4(30,8)	0(0,0)	1(50,0)
Mucor plumbeus	0(0,0)	1(1,5)	2(5,0)	2(3,2)	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)
Arthrobotrys oligospora	0(0,0)	1(1,5)	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)
Colletotrichum gloeosporioides	0(0,0)	1(1,5)	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)	3(8,8)	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)
Botrytis cinera	0(0,0)	1(1,5)	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)	2(5,9)	1(7,7)	0(0,0)	0(0,0)
Penicillium digitatum	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)	1(2,9)	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)
Rhizopus stolonifer	1(1,6)	0(0,0)	1(2,5)	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)	2(5,9)	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)
Beauveria bassiana	16(26,2)	4(6,9)	10(25,0)	21(33,3)	0(0,0)	0(0,0)	10(27,0)	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)

*Les chiffres dans les parenthèses constituent des pourcentages

Efficacité de *B. bassiana* en tant qu'entomopathogène

Les interactions entre les concentrations d'emplacement et celles de spores aux emplacements n'étant pas significatives, l'effet des concentrations de spores de *B. bassiana* testées est présenté. *P. devastans* a enregistré sa première mort 5 jours après l'inoculation (JAI) avec la plus forte concentration de spores de 1×10^5 mL⁻¹. À cette concentration, *B. bassiana* a entraîné une mortalité de 40 % à 5 JAI, qui est passée à 80 % au huitième jour. D'autre part, les concentrations plus faibles de 1×10^1 mL⁻¹ et 1×10^3 mL⁻¹ ont permis d'obtenir une mortalité de 15 % et 30 % à 8 JAI, respectivement. Cependant, le traitement du témoin n'a connu aucune (0 %) mortalité de *P. devastans* tout au long de la période couverte par l'étude (Tableau 3). La repousse des EPF a été observée 3 jours après la mort des insectes traités avec 1×10^5 mL⁻¹ avec une fréquence de ré-isolément de 85 %, mais la concentration la plus faible a pris 7 jours avec 5 % de ré-isolément (Tableau 3). Aucun isolement de champignon n'a été réalisé à partir des insectes non inoculés (témoins). De même, *B. bassiana* a induit jusqu'à 70 % de mortalité chez *Helopeltis schoutedeni* à 1×10^5 mL⁻¹ à 8 JAI, les doses inférieures atteignant moins de 50 % de mortalité (5 à 30 %). Bien que la repousse de spores de *B. bassiana* ait été enregistrée 5 jours après la mort des insectes, aucun champignon n'a été réisolé à 1×10^1 mL⁻¹ (Tableau 4). La mortalité observée chez *Anoplocnemis curvipes* variait de 0 à 60 %, avec 1×10^5 mL⁻¹ donnant la mortalité la plus élevée à 8 JAI et une efficacité de ré-isolément de 70 %. Le traitement du témoin a entraîné une mortalité de 5 % chez *A. curvipes*, mais aucun champignon n'a été réisolé à partir des cadavres (Tableau 5). À une concentration de spores de 1×10^5 mL⁻¹, *Analeptes trifasciata* a présenté une mortalité de 75 % à 8 JAI avec un ré-isolément de 70 %, tandis que le traitement du témoin a présenté une mortalité de 5 %, mais aucun champignon n'a été réisolé (Tableau 6). En général, il existait des différences significatives ($P < 0,05$) dans les performances de la concentration de spores

de 1×10^5 mL⁻¹ de *B. bassiana* par rapport aux deux concentrations inférieures et au témoin pour la totalité des les quatre insectes évalués (Tableaux 3 - 6). La repousse de *B. bassiana* sur la totalité des insectes étudiés a pris de 3 à 7 jours (Tableaux 3 à 6).

Tableau 3 : Mortalité de *Pseudotheraptus devastans* induite par *B. bassiana* en condition de laboratoire

Pourcentage de mortalité à différents jours après l'inoculation						
(mL ⁻¹)	5JAI	6JAI	7JAI	8JAI	JCP	PBR
Contrôle	0	0	0	0	0	0
1×10^1	5	5	10	15	7	5
1×10^3	10	15	15	30	5	20
1×10^5	40	50	50	80	3	85
SED	10	15	15	20	1	20

JAI : Jours après l'inoculation

JCP : Nombre de jours de croissance du pathogène après la mort de l'insecte

PBR : Pourcentage de *B. bassiana* réisolés

Tableau 4 : Mortalité de *Helopeltis schoutedeni* induite par *B. bassiana* en condition de laboratoire

Pourcentage de mortalité à différents jours après l'inoculation						
Traitement (mL ⁻¹)	5JAI	6JAI	7JAI	8JAI	JCP	PBR
Témoin	0	0	0	5	0	0
1×10^1	0	10	10	15	5	0
1×10^3	10	15	15	30	7	10
1×10^5	20	40	60	70	3	55
SED	10	15	15	20	1	10

JAI : Jours après l'inoculation

JCP : Nombre de jours de croissance du pathogène après la mort de l'insecte

PBR : Pourcentage de *B. bassiana* réisolés

Tableau 5 : Mortalité des *Anoplocnemis curvipes* induite par *B. bassiana* en condition de laboratoire

Pourcentage de mortalité à différents jours après l'inoculation						
Traitement (mL ⁻¹)	5JAI	6JAI	7JAI	8JAI	JCP	PBR
Témoin	0	0	0	5	0	0
1×10^1	0	0	10	15	7	0
1×10^3	5	10	15	20	5	20
1×10^5	40	50	50	60	3	70
SED	10	15	15	20	1	20

JAI : Jours après l'inoculation

JCP : Nombre de jours de croissance du pathogène après la mort de l'insecte

PBR : Pourcentage de *B. bassiana* réisolés

Tableau 6 : Mortalité des *Analeptes trifasciata* induite par *B. bassiana* en condition de laboratoire

Pourcentage de mortalité à différents jours après l'inoculation						
Traitement (mL ⁻¹)	5JAI	6JAI	7JAI	8JAI	JCP	PBR
Témoin	0	5	5	5	0	0
1×10^1	10	10	20	20	7	10
1×10^3	5	15	20	20	5	20
1×10^5	30	50	60	75	3	60
SED	10	15	15	20	1	20

JAI : Jours après l'inoculation

JCP : Nombre de jours de croissance du pathogène après la mort de l'insecte

PBR : Pourcentage de *B. bassiana* réisolés

Analyse

De nombreux entomopathogènes, notamment des espèces de *Beauveria*, *Metarhizium* et *Trichoderma*, ont été associés à des insectes nuisibles (Islam et al., 2021 ; Sala et al., 2019). La présente étude a mis l'accent sur la sélection d'insectes présents dans les vergers d'anacardiers

en vue de la croissance d'éventuels champignons entomopathogènes susceptibles de réduire efficacement les populations des principaux insectes nuisibles au cajou au Ghana. Cette méthode est importante pour le développement de biopesticides destinés à être utilisés contre les insectes nuisibles des cultures. Les espèces *B. bassiana*, *Fusarium* et *Aspergillus* étaient les champignons les plus courants associés aux insectes sur presque tous les sites échantillonnés. *B. bassiana*, un entomopathogène connu (Bamisile et al., 2018 ; Islam et al., 2021), testé à trois concentrations de spores différentes, a provoqué une mortalité significative, la concentration la plus élevée entraînant une mortalité de 60 à 85 % chez les quatre insectes nuisibles évalués. Ce résultat correspond aux conclusions de nombreux chercheurs, notamment Devi et al. (2008), Idrees et al. (2021), Bamisile et al. (2018) et Islam et al. (2021), sur l'efficacité de *B. bassiana* en tant qu'entomopathogène. En particulier, il ressort de cette étude que l'espèce *B. bassiana* est prometteuse en tant que bon myco-insecticide contre les insectes nuisibles au cajou. *B. bassiana* administré à une dose de 250 g/anacardier a réduit de manière significative les infestations par le foreur et le ciseleur de tige d'anacardiers (*Plocaederus ferrugineus*) en Inde (Sahu et Sharma 2008). Smitha et al. (2019) et Navik et al. (2015) ont évalué des entomopathogènes, dont *B. bassiana*, et certaines plantes médicinales contre la punaise du thé (*Helopeltis antonii*), un insecte nuisible au cajou, et ont constaté qu'ils étaient pathogènes pour le nuisible. Ce résultat laisse penser que *B. bassiana* peut jouer un rôle important dans les programmes de lutte intégrée contre les insectes nuisibles au cajou.

B. bassiana est un EPF efficace qui infecte et tue une large gamme d'insectes nuisibles, notamment la chenille légionnaire d'automne (*Spodoptera frugiperda*), les larves du foreur des tiges du riz (*Chilo suppressalis*), le ver de la capsule du coton (*Helicoverpa armigera*) et les mirides (*Helopeltis* spp.) (Islam et al. 2021 ; Devi et al., 2008 ; Manimaran et al., 2019 ; Smitha et al., 2019 ; Navik et al., 2015). Le champignon attaque les insectes en pénétrant la cuticule avec l'hyphe. Ce phénomène entraîne une rupture du corps de l'insecte, provoquant une hémorragie, l'immobilité de l'insecte, son incapacité à se nourrir et, finalement, sa mort. D'autre part, les espèces *Aspergillus* sont généralement des organismes pathogènes associés aux cultures agricoles telles que le maïs, les arachides, les fruits à coque, les céréales et les fruits (Wilson et al., 2002 ; Palencia et al., 2010). Certaines de ces espèces ont été signalées comme étant entomopathogènes. Par exemple, on a constaté que l'espèce *A. flavus* infectait et tuait *Spodoptera litura* ; l'espèce *A. oryzae* attaque *Locusta migratoria* ; et l'espèce *A. nomius* attaque *Dolichoderus thoracicus* (Karthi et al., 2018 ; Zhang et al., 2015). De même, *Fusarium*, principalement reconnu comme étant agent pathogène des plantes, présente également des propriétés entomopathogènes chez certains insectes (Munkvold 2017 ; da Silva Santos et al., 2020). Il est intéressant de noter que les trois espèces de *Fusarium* (*F. oxysporum*, *F. equiseti* et *F. semitectum*) identifiées dans cette étude ont un certain effet entomopathogène sur les insectes, bien qu'à des taux d'efficacité faibles (da Silva Santos et al., 2020). Lors d'expériences précédentes, da Silva Santos et al. (2020) ont utilisé les espèces de *Fusarium* comme entomopathogènes pour attaquer certains insectes tels que *Planococcus ficus*, *Bemisia tabaci*, *Platypus quercivorus* et *Eldana saccharina*. Cependant, l'efficacité chez les espèces *Aspergillus* et de *Fusarium* testées comme entomopathogènes au fil des ans a été faible. La présente étude a donc mis l'accent sur *B. bassiana* qui s'est avéré très efficace dans la lutte contre des insectes nuisibles au cajou et d'autres cultures.

L'efficacité d'un entomopathogène dépend du temps nécessaire à la mort de l'insecte après l'inoculation. En général, les entomopathogènes sont conçus pour lutter efficacement contre les nuisibles en provoquant une paralysie relativement progressive des cibles affectées et en entraînant finalement la mort par inanition ou par rupture du squelette ou du système nerveux de l'insecte. Contrairement à notre observation d'une durée de 5 à 8 jours, Kaur et al. (2014) ont observé une mortalité chez *Corcyra cephalonica* 24 h après l'inoculation avec $2,02 \times 10^8$ spores/mL et 48 à 72 h après l'inoculation avec $4,05 \times 10^6$ et $1,49 \times 10^5$ spores/mL de *B. bassiana*. Cependant, de manière similaire à nos constatations, Adane et al. (1996) ont observé que $1,0 \times 10^4$ conidies/mL de *B. bassiana* prenait jusqu'à 8 jours pour provoquer la mortalité chez *Sitophilus zeamais*. Navik et al. (2015) ont constaté que 4 g L⁻¹ de *B. bassiana* provoquaient 91,67 % de mortalité chez *H. antonii* après 10 jours. Cette constatation laisse penser que le temps nécessaire pour qu'un entomopathogène provoque la mortalité varie en fonction de plusieurs facteurs, au nombre desquels l'entomopathogène utilisé, l'espèce d'insecte cible, les conditions environnementales et la dose ou la concentration des spores ou des métabolites évalué(e)s. Les recherches actuelles ont également révélé une mortalité dose-dépendante de *B. bassiana* sur les quatre nuisibles du cajou. La concentration la plus élevée de 1×10^5 spores mL⁻¹ a enregistré les mortalités les plus importantes dans les quatre cas, le témoin n'enregistrant que 5 %. Ce phénomène laisse penser que plus la concentration de spores de champignons est élevée, plus l'efficacité est grande. On peut donc supposer qu'une mortalité de 100 % des insectes testés peut être obtenue avec des concentrations de spores supérieures à 1×10^5 spores mL⁻¹. Une fois de plus, des concentrations de spores plus élevées pourraient également réduire le nombre de jours jusqu'à la mort après l'inoculation des insectes. L'évaluation de concentrations plus élevées de spores de *B. bassiana* est nécessaire pour confirmer et éventuellement recommander une concentration minimale efficace pour l'évaluation sur le terrain. L'efficacité du biocontrôle des insectes nuisibles par les champignons entomopathogènes est principalement due à leur capacité à produire des épizooties à partir des cadavres infectés. Le ré-isolément d'un entomopathogène à partir d'un insecte mort devient donc un indicateur important de l'efficacité du pathogène contre le nuisible cible, car les insectes qui meurent à cause des entomopathogènes présentent souvent des signes visibles sur le corps de l'insecte, tels qu'une croissance de champignons ou la production de spores. Cette observation confirme que c'est bien l'entomopathogène qui est responsable de la mort de l'insecte, et non d'autres facteurs. Elle fournit également des informations précieuses sur la persistance et l'activité du pathogène au sein de la population de nuisibles ciblée. Hidalgo et al. (1998) expliquent qu'à leur mort, les cadavres d'insectes produisent un grand nombre d'agents infectieux (spores) par sporulation interne et externe, reconstituant l'inoculum à l'endroit où les insectes ont péri. Ces cadavres agissent comme une source d'inoculum et disséminent ainsi des agents microbiens dans leur environnement pour causer plus de morts aux autres insectes nuisibles (Islam et al., 2021).

Conclusion

La mortalité due à *B. bassiana* a été efficace contre les quatre insectes nuisibles au cajou testés, étant donné que plus de la moitié des populations testées sont mortes. Une fois de plus, la croissance de l'agent pathogène sur les insectes morts fournit une bonne preuve de la puissance du champignon et de sa capacité à se répandre dans une population d'insectes.

Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude aux membres du personnel du CRIG (Division d'entomologie et de phytopathologie) pour leur contribution pendant la période d'étude. Nous souhaitons exprimer notre sincère gratitude au Dr Owusu Domfeh et au Dr Sampson Konlan pour leur relecture du texte et leurs précieuses suggestions. Nous remercions également M. Yaw Nkroma Dankwa et Mme Chriscencia Naah pour l'élaboration de la carte des sites étudiés. Le présent document est publié avec l'autorisation du Directeur exécutif du CRIG.

Références

- Akutse, K. S., Kimemia, J. W., Ekesi, S., Khamis, F. M., Ombura, O. L., & Subramanian, S. (2019). Ovicidal effects of entomopathogenic fungal isolates on the invasive fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Applied Entomology*, 143(6), 626-634.
- Bamisile, B. S., Dash, C. K., Akutse, K. S., Keppanan, R., Afolabi, O. G., Hussain, M., ... & Wang, L. (2018). Prospects of endophytic fungal entomopathogens as biocontrol and plant growth promoting agents: An insight on how artificial inoculation methods affect endophytic colonization of host plants. *Microbiological Research*, 217, 34-50.
- Chandler, D., Davidson, G., & Jacobson, R. J. (2005). Laboratory and glasshouse evaluation of entomopathogenic fungi against the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), on tomato, *Lycopersicon esculentum*. *Biocontrol Science and Technology*, 15(1), 37-54.
- Danso-Abbeam, G., Fosu, S., & Ogundeji, A. A. (2021). Technical and resource-use efficiencies of cashew production in Ghana: implications on achieving sustainable development goals. *Scientific African*, 14, e01003.
- 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.
- Dwomoh, E. A., Afun, J. V. K., & Ackonor, J. B. (2007). Evaluation of karate EC, cyperdim EC, and confidor SL for the control of *Helopeltis schoutedeni* reuter (Hemiptera: Miridae) on cashew in Ghana. *Journal of Science and Technology (Ghana)*, 27(1), 1-8.
- FAOSTATS 2021. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Accessed 14th December, 2021.
- Hidalgo, E., Moore, D., & Le Patourel, G. (1998). The effect of different formulations of *Beauveria bassiana* on *Sitophilus zeamais* stored maize. *Journal of stored products research*, 34(2-3), 171-179.
- Idrees, A., Qadir, Z. A., Akutse, K. S., Afzal, A., Hussain, M., Islam, W., ... & 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.
- Islam, W., Adnan, M., Shabbir, A., Naveed, H., Abubakar, Y. S., Qasim, M., ... & Ali, H. (2021). Insect-fungal-interactions: A detailed review on entomopathogenic fungi pathogenicity to combat insect pests. *Microbial Pathogenesis*, 159, 105122.
- Karhi, S., Vaideki, K., Shivakumar, M. S., Ponsankar, A., Thanigaivel, A., Chellappandian, M., ... & Senthil-Nathan, S. (2018). Effect of *Aspergillus flavus* on the mortality and activity of antioxidant enzymes of *Spodoptera litura* Fab. (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Pesticide biochemistry and physiology*, 149, 54-60.
- Kaur, S., Thakur, A., & Rajput, M. (2014). A laboratory assessment of the potential of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin as a biocontrol agent of *Corcyra cephalonica* Stainton (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Products Research*, 59, 185-189.
- Munkvold, G. P. (2017). *Fusarium* species and their associated mycotoxins. *Mycotoxigenic fungi: methods and protocols*, 51-106.
- Manimaran, V., Suganthy, M., Balasubramanian, A., & Kumar, P. P. (2019). Management of tea mosquito bug, *Helopeltis antonii* Signoret infesting *Ailanthus excelsa* Roxb. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7(3), 620-623.
- Maruthadurai, R. Desai, A.R., Prabhu, H.R.C. and Singh, N.P. (2012). *Insect Pests of Cashew and their Management*. Technical Bulletin No. 28, ICAR Research Complex for Goa, Old Goa.
- Mensah, N. O., Anaman, R., Nyarko-Fordjour, K., Afotey Anang, S., Donkor, A., & Twintoh, J. (2021). Creating Sustainable Income through the Cashew Nuts Value Chain (Evidence from Ghana). *Journal of Nuts*, 12(3), 253-271.
- Navik, O. S., Godase, S. K., & Turkhade, P. D. (2015). Evaluations of entomopathogenic fungi and botanicals against tea mosquito bug *Helopeltis antonii* Signoret. *Current Advances in Agricultural Sciences (An International Journal)*, 7(2), 203-204.
- Palencia, E. R., Hinton, D. M., & Bacon, C. W. (2010). The black *Aspergillus* species of maize and peanuts and their potential for mycotoxin production. *Toxins*, 2(4), 399-416.
- Sala, A., Barrena, R., Artola, A., & Sánchez, A. (2019). Current developments in the production of fungal biological control agents by solid-state fermentation using organic solid waste. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 49(8), 655-694.
- Smitha, M. S., Nithin, K. N., & Sobhana, A. (2019). Entomopathogenic fungi–Potential candidates for biocontrol of *Helopeltis antonii* Signoret in cashew. *Journal of Plantation Crops*, 47(1), 24-30.
- Sahu, K. R., & Sharma, D. (2008). Management of cashew stem and root borer, *Plocaederus ferrugineus* L. by microbial and plant products. *Journal of Biopesticides*, 1(2), 121-123.
- Shahid, A. A., Rao, Q. A., Bakhsh, A., & Husnain, T. (2012). Entomopathogenic fungi as biological controllers: new insights into their virulence and pathogenicity. *Archives of Biological Sciences*, 64(1), 21-42.
- da Silva Santos, A. C., Diniz, A. G., Tiago, P. V., & de Oliveira, N. T. (2020). Entomopathogenic *Fusarium* species: a review of their potential for the biological control of insects, implications and prospects. *Fungal Biology Reviews*, 34(1), 41-57.
- Thomas, M.B.; Blanford, S.; Lomer, C. Reduction of feeding by the variegated grasshopper, *Zonocerus variegatus*, following infection by the fungal pathogen, *Metarhizium flavoviride*. *Biocontrol Sci. Technol.* 1997, 7, 327–334.
- Uma Devi, K., Padmavathi, J., Uma Maheswara Rao, C., Khan, A. A. P., & Mohan, M. C. (2008). A study of host specificity in the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Hypocreales, Clavicipitaceae). *Biocontrol Science and Technology*, 18(10), 975-989.
- Wilson, D. M., Mubatanhema, W., & Jurjevic, Z. (2002). Biology and ecology of mycotoxigenic *Aspergillus* species as related to economic and health concerns. *Mycotoxins and food safety*, 3-17.
- Wongnaa, C. A., & 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.
- Neves, P.M.O.J.; Hirose, E.; Tchujo, P.T.; Moino JR., A (2001). Compatibility of Entomopathogenic Fungi with Neonicotinoid Insecticides. *Neotropical Entomology*, v.30, p.263-268, 2001.
- G. Zimmerman (2007). Review on safety of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. *Bio-control Science and Technology* 17, 879–920. Doi: 10.1080/09583150701593963.
- Zhang, P., You, Y., Song, Y., Wang, Y., & Zhang, L. (2015). First record of *Aspergillus oryzae* (Eurotiales: Trichocomaceae) as an entomopathogenic fungus of the locust, *Locusta migratoria* (Orthoptera: Acrididae). *Biocontrol Science and Technology*, 25(11), 1285-1298

DÉGÂTS SAISONNIERS CAUSÉS PAR ANALEPTES TRIFASCIATA (COLEOPTERA : CERAMBYCIDAE) SUR L'ANACARDIER ET SON IMPLICATION SUR SON RENDEMENT

*I. Mokwunye¹ and O. Pitan²

¹ Institut nigérian de recherche sur le cacao (CRIN), PMB 5244, Ibadan, Nigéria

² Université fédérale d'agriculture d'Abeokuta (FUNAAB), État d'Ogun, Nigéria

*Auteur correspondant

Résumé

Analeptes trifasciata, communément appelé le ciseleur de tige d'anacardiers, est un insecte nuisible de l'anacardier qui entraîne des pertes économiques dans la plupart des pays producteurs. Au Nigéria, il entraîne une perte de rendement annuelle pouvant atteindre 26 %. Dans le cadre des efforts concertés de lutte contre ce nuisible, les dégâts saisonniers ont été étudiés pendant deux ans dans les exploitations de cajou situées dans les États d'Ibadan-Oyo et d'Ivbiaro-Edo (agroécologies de savane dérivée et de forêt pluviale respectivement) au Nigéria. Les observations sur l'intensité des dégâts ont été enregistrées à intervalles mensuels et mises en corrélation avec les variables météorologiques. Les activités d'émergence et de cisellement les plus précoces ont été détectées en mai, tandis que les activités de cisellement ont été importantes entre août et février à Ibadan. Les dégâts ont été importants entre juillet et janvier à Ivbiaro. Le nombre moyen de branches ciselées par mois par *A. trifasciata* était de 1,5/anacardier et de 1,6/anacardier à Ibadan et à Ivbiaro respectivement. Les dommages causés aux branches ont atteint 4,25/anacardier en janvier à Ibadan. À Ivbiaro, les dégâts causés par *A. trifasciata* ont été les plus importants en octobre, avec 2,05 tiges endommagées par anacardier. Les précipitations ($t(22) = 2,45$, $p < 0,05$ avec $r = 0,46$) ont influencé de manière significative les activités de cisellement causées par *A. trifasciata* sur les anacardiers à Ivbiaro. Le cisellement est généralement effectué sur des branches d'anacardiers matures. Les périodes de branches ciselées observables coïncidaient avec le stade de maturation/développement des fruits, entraînant une incidence sur le rendement. Les résultats et les implications de cette étude seront utiles dans l'élaboration d'un système d'aide à la décision pour une intervention opportune.

Mots clés : anacardier, dégâts, cisellement, saisonnier, tige

Introduction

Analeptes trifasciata Fabricius (Coleoptera: Cerambycidae) est un nuisible important largement répandu au Nigéria (Eguagie, 1973). On le retrouve également dans les régions de savanes et de forêt tropicale de nombreux pays d'Afrique de l'Ouest (Topper et al., 2001). L'insecte, qui est également appelé ciseleur de tige d'anacardiers ou coléoptère à longues cornes, est présent dans 27 États avec des niveaux d'infestation variables dans sept agroécologies dans lesquelles le cajou est cultivé au Nigéria (Oroh, 2005 ; Asogwa et al., 2011). Le ciseleur de tige d'anacardiers s'attaque également à de nombreux anacardiers de la famille des Bombaceae, tels que *Bombax costatum* (bombax), *Adanisonia digitata* (baobab africain) et *Ceiba pentandra* (kapokier). D'autres hôtes alternatifs sont *Mangifera indica* (manguier) et *Spondias mombin* (prunier mombin) (Igboekwe, 1984 ; Adeyemo et Okelana, 1989). *Mangifera indica* et *S. mombin* appartiennent à la même famille que l'hôte principal, *Anacardium occidentale* (cajou) - famille des Anacardiaceae. Le ciseleur de tige d'anacardiers ne se nourrit pas de panicules, de noix et de pseudo-pommes, et ne provoque pas de dégâts directement. Toutefois, l'activité de cisellement du ciseleur de tige d'anacardiers endommage les tissus vasculaires, affecte l'écoulement de la sève de la plante et provoque le dessèchement des branches et des feuilles, qui finissent par tomber. Parmi les symptômes de l'attaque, citons un écorçage profond et la présence de parties ciselées sur les tiges et les branches. Une étude sur la présence du coléoptère à Ibadan (État d'Oyo) et à Ochaja (État de Kogi) a révélé que presque tous les anacardiers inclus dans l'échantillon ($n=300$) étaient attaqués à des niveaux d'infestation variables (Asogwa et al., 2011). Une étude menée pendant 2 ans sur l'incidence de *A. trifasciata* a révélé que 53 à 75 % des branches étaient ciselées sur les sites sélectionnés à Ibadan, Ochaja et Ugbenu au Nigéria, dont 16 % des tiges étaient détruites (Ndubuaku, 1997). Une étude précédente réalisée par Akesse et al. (2018) a révélé que la fluctuation de la population de ciseleurs de tige d'anacardiers est influencée par certains facteurs météorologiques.

L'absence d'informations pertinentes et nécessaires sur *A. trifasciata* et l'intensité des dégâts qu'il provoque a compromis la réussite de lutte contre ce nuisible. La plupart des auteurs évaluent généralement les dommages causés par le ciseleur de tige d'anacardiers en calculant la proportion d'anacardiers ciselés. Cette évaluation ne fournit qu'une estimation superficielle et n'indique pas l'intensité des dégâts par anacardier. L'évaluation des dommages causés à la culture par les nuisibles est essentielle, de même que l'évaluation de l'efficacité des pratiques de protection de la culture en vue de l'amélioration des systèmes de production. La large distribution écologique de *A. trifasciata* rend cruciale l'évaluation de son potentiel de dégâts, qui est nécessaire pour estimer l'impact économique qui en découle. En outre, lors d'une enquête antérieure et d'une formation des exploitants agricoles dans la zone agroécologique d'Edo Sud par le CRIN, l'ensemble des producteurs de cajou ont unanimement affirmé que le ciseleur de tige d'anacardiers constituait une contrainte majeure pour la production de cajou dans la région et étaient disposés à s'associer au CRIN pour trouver des solutions durables. Cette étude a donc été menée pour fournir des informations sur l'intensité des dégâts causés par le ciseleur de tige d'anacardiers, la saisonnalité des dégâts et les facteurs abiotiques qui influencent les dégâts.

Méthodologie

Description des sites expérimentaux

L'étude a été menée dans des exploitations de cajou sur deux sites : le siège de l'Institut nigérian de recherche sur le cacao (CRIN), à Ibadan,

dans l'État d'Oyo, et Ivbiaro, dans la zone de collectivité locale d'Owan Est, dans l'État d'Edo. Le premier site, le CRIN d'Ibadan, est situé dans l'écosystème des savanes dérivée avec un rayonnement solaire moyen de 18mJ/M2/jour. Il se situe entre la latitude 7°30'N et la longitude 3°54'E à une altitude de 200 m au-dessus du niveau de la mer. Les précipitations annuelles sont de 200 cm et le climat est tropical humide et sec. La saison humide s'étend de mars à octobre et la saison sèche de novembre à février. La température maximale moyenne est de 26,4 °C, la température minimale moyenne de 21,42 °C et l'humidité relative de 74,5 % (Durowoju et al., 2021). Le second site, Ivbiaro, est caractérisé par un climat tropical qui varie de l'humide à la sub-humidité à différents moments de l'année. Cependant, elle est principalement humide dans la zone forestière et se situe entre la latitude 7° 58'N et la longitude 6°16'E à une altitude de 253,2 m au-dessus du niveau de la mer. Les précipitations annuelles moyennes sont de 252 à 254 cm, avec des températures moyennes minimales et maximales de respectivement 24°C et 33°C (<https://tcktkctck.org/nigeria/edo/auchi>). La saison des pluies s'étend d'avril à novembre et la saison sèche de décembre à mars. Le type de sol est généralement un sol inculte de couleurs rouge-jaune. La seconde zone couverte par l'étude a été sélectionnée à dessein parce qu'il s'agit d'une zone bien connue pour la production de cajou dans l'État d'Edo.

Dispositif expérimental

Les dommages causés par *Analeptes trifasciata* ont été évalués sur une plantation d'anacardiers de 2,5 hectares à l'Institut nigérian de recherche sur le cacao (CRIN), à Ibadan, entre mai 2017 et avril 2019. La plantation d'anacardiers a été créée en 2005 et plantée sur une parcelle de 6 m sur 6 m avec un total de 278 pieds. La superficie de la parcelle était de 60 m x 255 m et était composée de huit blocs. Chaque bloc ayant une dimension de 60 m x 24 m contenait 40 anacardiers et était espacé par une rangée de palmiers à huile sur 9 m de large. Dans chaque bloc, une parcelle de 12 m x 12 m contenant quatre anacardiers a été délimitée et répliquée trois fois. La parcelle a été espacée entre les répétitions par une rangée d'anacardiers plantés à la limite sur 12 m. Le site expérimental d'Ivbiaro était situé dans une plantation d'anacardiers âgés de 15 à 20 ans d'un hectare, plantée à intervalle de près de 6 m x 6 m. La taille du terrain était de 60 m x 60 m. Quatre parcelles ont été découpées, chacune mesurant 30 m x 30 m et contenant 25 anacardiers, représentant les répétitions. Chaque parcelle était séparée de l'autre par des rangées d'anacardiers plantés à la limite sur 6 m x 6 m.

Collecte de données

Quatre anacardiers sélectionnés de manière aléatoire par parcelle ont été inspectés à intervalles mensuels pour détecter les symptômes de dommages et la présence du ciseleur de tige d'anacardiers. Des données ont été recueillies sur les caractéristiques des dommages causés aux anacardiers, telles que le nombre total de branches ciselées, de branches ciselées et pendantes, et de branches ciselées mais tombées. Pour évaluer l'intensité des dommages, trois types d'attaques par cisellement ont été définis :

Type 1 - Branche ciselée : il s'agit d'une branche ciselée dont seule l'écorce a été attaquée

Type 2- Branche ciselée et pendante : il s'agit d'une branche sur laquelle l'attaque a atteint l'aubier, mais qui reste attachée à l'anacardier bien qu'elle soit pendante.

Type 3- Branche ciselée et tombée : les attaques comprenaient des branches coupées qui étaient tombées et jonchaient le sol.

Les branches endommagées ont été comptées par anacardier en utilisant le mode de calcul ci-après :

Intensité de l'attaque = $\frac{NGS}{TNST}$

Où NGS - nombre de branche(s) ciselée(s)

TNST = nombre total d'anacardiers inclus dans l'échantillon

Les données relatives aux paramètres météorologiques tels que la température, l'humidité relative et les précipitations ont été obtenues auprès de la station météorologique automatique du CRIN d'Ibadan et de la Prévision des ressources énergétiques mondiales (POWER) de la NASA. Les coordonnées ont été obtenues par GPS.



Figure 1 : Branche ciselée



2 : Branche ciselée et pendante

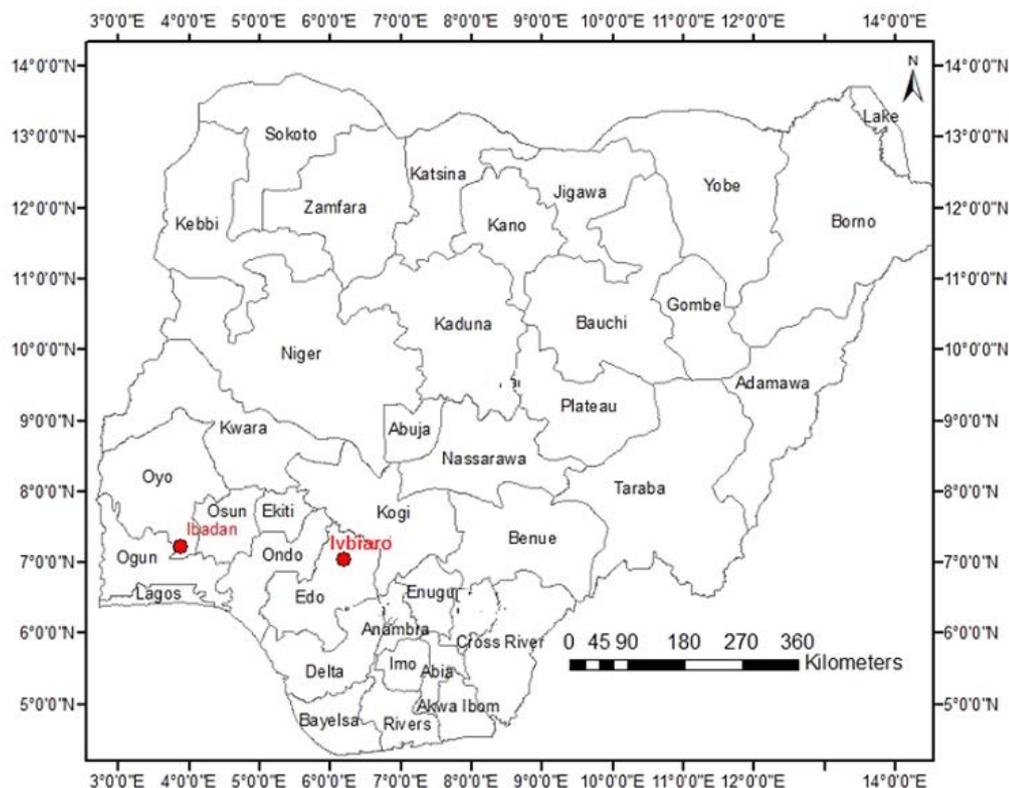


Figure 1 : Carte du Nigéria indiquant les sites expérimentaux d'Ibadan et d'Iybiaro, dans les États d'Oyo et d'Edo.

Source : Laboratoire SIG, CRIN (2020)

Analyse statistique

Toutes les données ont été analysées à l'aide du Progiciel GenStat (GenStat version 12.1) (GENSTAT 2009). Les données obtenues sur l'intensité des dommages ont été soumises à une analyse de variance et les moyennes ont été dissociées par le test de SNK (Student-Newman-Keuls). Des analyses de corrélation et de régression ont également été effectuées entre les données météorologiques et les dégâts causés par les nuisibles. Toutes les analyses ont été effectuées à un niveau d'erreur de 0,05 %.

Résultats et analyse

La première année, à Ibadan, le cisèlement des branches a débuté en octobre 2017, pour atteindre un pic de 1,5 branche ciselée par anacardier en janvier 2018 et a baissé jusqu'à ce qu'il ne soit plus observé en avril 2018 (Figure 2). Ce phénomène coïncide avec la période d'incidence du nuisible, qui se situe généralement entre septembre et décembre. Des branches pendantes et tombées ont été observées tout au long de l'année. Cette situation est généralement la conséquence d'une infestation non contrôlée au cours de l'année précédente et qui marque la présence du ciseleur de tige d'anacardiers. Les dommages cumulés ont été très prononcés en mai 2017, septembre 2017 et janvier 2018. Quali-N'Goran et al. (2020) ont indiqué que les attaques de *Diastocera trifasciata* (*A. trifasciata*) ont été observées de septembre à janvier, coïncidant avec les stades de préfloraison à floraison en Côte d'Ivoire. Les dégâts cumulés causés par *A. trifasciata*, qui se caractérisent par des branches ciselées, pendantes ou tombées, ont été les plus importants en janvier 2018 avec 4,25 branches endommagées par anacardier et a considérablement diminué à partir de février avec des fluctuations mineures pour le reste de l'année (Figure 2). Le nombre de branches ciselées par mois par *A. trifasciata* était de 1,5 par anacardier (Tableau 1) La seconde année, les branches ciselées n'ont été observées qu'entre août et novembre 2018. En revanche, les branches pendantes ont été constatées tout au long de l'année avec des fluctuations. Les activités de cisèlement cumulées ont été prononcées en avril 2019 (0,6 par anacardier) et en novembre 2018 (0,4 par anacardier) (Figure 3). En Côte d'Ivoire, le pic d'attaques a été observé en novembre, alors qu'aucune attaque n'a été enregistrée de février à septembre (Quali-N'Goran et al., (2020). Les nombres moyens de branches ciselées, de branches ciselées et pendantes et de branches ciselées et tombées par mois étaient respectivement de 0,02 par anacardier, 0,2 par anacardier et 0,01 par anacardier. Le niveau total des dommages était de 0,2 par anacardier par mois, chiffre inférieur à celui de l'année précédente (Tableau 1). À Iybiaro, le cisèlement des branches a commencé en mai 2018 et s'est poursuivie tout au long de l'année, avec un pic observé en septembre 2018. Les nombres les plus élevés de branches tombées par anacardier a été observés en février 2018 (1,03), mai 2018 (1,12) et juillet 2018 (1,07). Quali-N'Goran et al. (2020) ont enregistré 0,97 par anacardier, 0,55 par anacardier et 0,46 par anacardier branches tombées sur trois sites différents d'anacardiers sur une période d'étude de 2 ans. Seules les branches ciselées, les branches ciselées et pendantes et les branches ciselées et tombées ont enregistré des moyennes mensuelles de 0,2 par anacardier, 0,6 par anacardier et 0,8 par anacardier respectivement au cours de la première année. Et sur une base mensuelle, une moyenne de 1,6 par anacardier a été enregistrée comme le total de branche endommagée par anacardier (Tableau 1). Les activités de cisèlement de *A. trifasciata* ont également suivi un modèle similaire à celui de l'abondance du nuisible. Le niveau d'infestation le plus élevé (1,8 par anacardier) a été enregistré en septembre 2018 (Figure 4). L'intensité saisonnière des dommages était polynôme au 6e degré avec un coefficient de détermination $R^2 = 0,3535$, indiquant que plusieurs facteurs contribuent à la fluctuation. La seconde année, l'activité de cisèlement cumulée a été la plus forte en octobre, avec une moyenne de 2,05 par anacardier et la plus faible en mars et janvier (0,7 par anacardier). Le nombre total de branches ciselées était prédominant entre août et octobre, a coïncidé avec la période d'apparition du nuisible. Par la suite, les activités de cisèlement ont considérablement baissé pour atteindre 0,7 par anacardier en janvier (Figure 5). Au cours des deux années d'étude, le nombre total de branches endommagées, indépendamment de l'intensité du cisèlement, était respectivement de 1958 et 3295 branches à Ibadan et Iybiaro. En moyenne, les dommages cumulés étaient de 0,85 tige par anacardier à Ibadan et de 1,43 branche par anacardier à Iybiaro (Tableau 1).

Le début du cisèlement des branches indique généralement l'émergence ou l'apparition du ciseleur de tige d'anacardiens dans la plantation d'anacardiens, situation qui nécessite une intervention en temps opportun sous la forme d'une lutte contre le nuisible. Le cisèlement est généralement effectué sur des tiges matures d'un diamètre de 4,1 à 5,99 cm et à des hauteurs de 3,64 à 5,31 m, distance nettement hors de portée des mains (Ndubuaku, 1997). Les tiges dont le diamètre se situe dans cette fourchette et au-delà sont généralement les tiges fruitières, qui constituent une grande partie de la canopée. Les jeunes larves creusent des tunnels sous l'écorce des tiges tombées à même le sol, où elles se nourrissent du bois, en tirent des nutriments et se développent. Le bois met également les larves en développement à l'abri des pulvérisations d'insecticides. Elles terminent leur cycle de vie dans le bois mort et sont rarement détectées jusqu'à l'émergence des adultes après une période de 6 à 7 mois. L'implication est que plus le nombre de branches ciselées augmente, plus le nombre d'œufs pondus sur ces branches augmente, entraînant ainsi une croissance de la population de nuisibles au cours de la saison suivante. Toutes ces étapes peuvent se dérouler dans l'exploitation à l'insu des producteurs et, malheureusement, la plupart des producteurs de cajou ne pratiquent pas l'assainissement de leur exploitation. De plus, *A. trifasciata* étant un insecte nuisible à faible densité, le producteur en sait peu sur l'étendue des dégâts et donc de la nécessité de réduire son incidence. En général, ces tiges endommagées sont laissées suspendues à l'anacardier ou éparpillées dans l'exploitation, comme le font les producteurs depuis des années. En conséquence, le problème des nuisibles persiste et s'amplifie campagne après campagne. La présente étude a mis en évidence l'étendue des dégâts les plus visibles entre les stades de la floraison et de la maturation, phénomène malheureusement susceptible d'affecter le rendement de cajou et d'avoir des conséquences économiques considérables.

Corrélation entre les dommages causés aux branches et les facteurs météorologiques

À Ibadan, il n'existe aucune corrélation significative entre le nombre moyen de branches endommagées et les facteurs climatiques ($p > 0,05$) (Tableau 2). Cependant, on observe une corrélation significative et positive entre les précipitations à Ibadan, $t(22) = 2,45$, $p < 0,05$ avec $r = 0,46$. À Ibadan, les précipitations constituent le seul facteur qui influence de manière significative les activités de cisèlement de *A. trifasciata* sur l'anacardier. Les précipitations ont pu limiter les déplacements et d'autres activités telles que la marche, la lutte et la ponte, si bien que le ciseleur de tige d'anacardiens consacre plus de temps à ronger les tissus ligneux, qui auraient été ramollis par les pluies. En outre, les conditions microclimatiques locales pendant les saisons des pluies se caractérisent par une baisse de la température qui a été observée pour influencer l'accroissement de la population de ciseleurs de tige d'anacardiens (Akessé et al. (2018)) conduiraient inévitablement à la hausse des dégâts sur les tiges telle qu'elle a été observée. Les précipitations pourraient avoir des effets directs et néfastes sur leurs ennemis naturels, réduisant ainsi le risque de prédation auquel est confronté *A. trifasciata*. Fink et Volkl (1995) ont démontré l'existence d'une réduction significative de l'activité de recherche de nourriture de certains ennemis naturels (parasitoïdes) pendant la saison des pluies.

Des études antérieures ont révélé que les facteurs météorologiques affectent également la qualité nutritionnelle de la plante hôte, telle que le rapport C:N, encourageant les insectes nuisibles à se nourrir davantage (Musser et Shelton, 2005). Chen et al. (2019) ont également signalé que la concentration de sucre dans la moutarde noire, *Brassica nigra*, baissait en réponse aux précipitations avant que les insectes ne se nourrissent. Ces affirmations expliquent probablement la relation positive entre les précipitations et le niveau de dégâts de *A. trifasciata* sur l'anacardier.

Conclusion

Les activités de cisèlement de *A. trifasciata* ont été importantes entre août et février à Ibadan ; et entre juillet et janvier à Ibadan. Le nombre moyen de branches ciselées par mois par *A. trifasciata* était de 1,5 par anacardier et de 1,6 par anacardier à Ibadan et à Ibadan respectivement. Les dommages causés aux branches ont atteint 4,25 par anacardier en janvier à Ibadan. À Ibadan, les dégâts causés par *A. trifasciata* ont été les plus importants en octobre avec 2,05 branches par anacardier. Les précipitations ont influencé de manière significative les activités de cisèlement de *A. trifasciata* sur l'anacardier à Ibadan. L'étude a fourni des informations utiles sur la période d'attaque, lesquelles informations sont nécessaires à la lutte opportune contre *A. trifasciata*. Par conséquent, les tiges pendantes et tombées devraient être retirées et brûlées régulièrement en vue de lutter contre la ré-infestation. L'étude a également souligné l'étendue des dégâts causés par *A. trifasciata* sur les anacardiens, ce qui a une incidence sur le rendement et nécessite donc le développement d'outils de lutte appropriés.

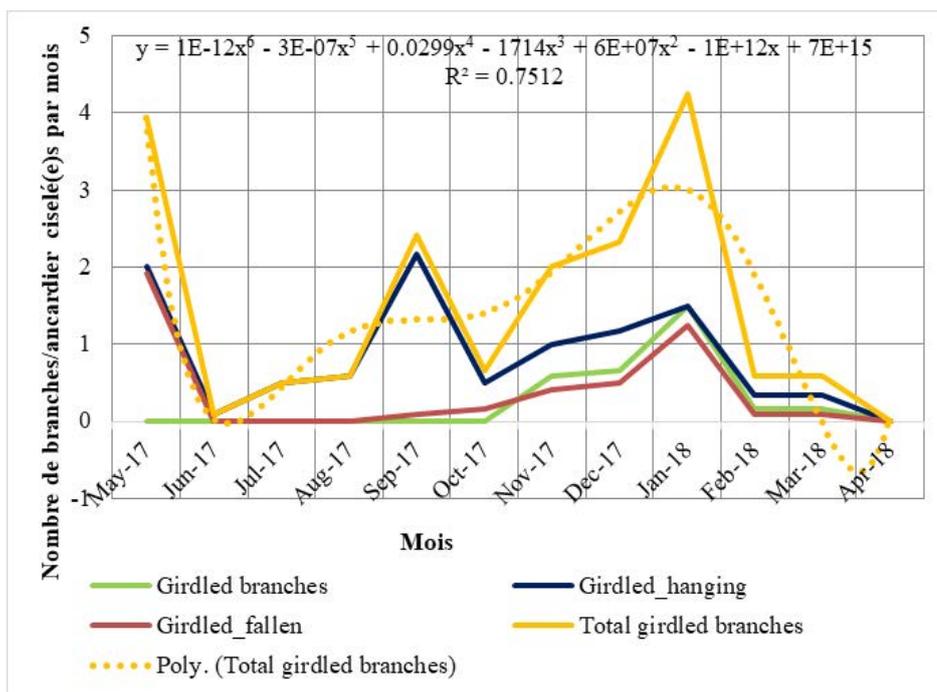


Figure 2 : Intensité des dégâts saisonniers de *Analeptes trifasciata* sur les branches d'anacardiens à Ibadan en 2017/2018

Tableau 1 : Intensités moyennes de cisellement de *Analeptes trifasciata* par mois sur les anacardiés pendant deux ans à Ibadan (2017-2019) et Ivbiaro (2018-2020)

Sites/année	Branches cisellées	Branches cisellées et pendantes	Branches cisellées et tombées	Total des branches cisellées
Ibadan				
2017/2018	0,3	0,8	0,4	1,5
2018/2019	0,02	0,2	0,01	0,2
valeur t	0,10	0,008*	0,06	0,01*
Ivbiaro				
2018/2019	0,2	0,6	0,8	1,6
2019/2020	0,2	0,5	0,6	1,2
valeur t	0,97	0,02*	0,01*	0,02*
Intensité de cisellement cumulé sur deux ans				
Ibadan	0,14	0,51	0,19	0,85
Ivbiaro	0,18	0,55	0,69	1,43
valeur t	0,63	0,73	5,06X10 ⁻⁵ *	0,03*

*La valeur T est significativement différente à p<0,05

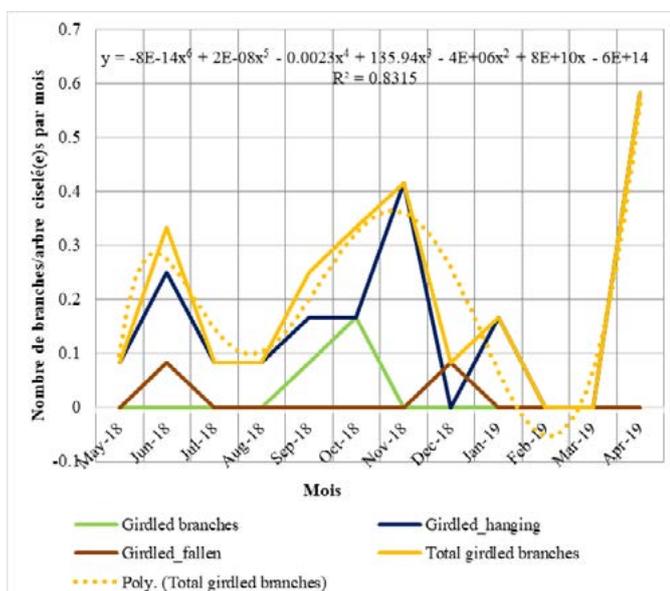


Figure 3 : Intensité saisonnière des dommages causés par *Analeptes trifasciata* sur les branches d'anacardiés à Ibadan en 2018/2019

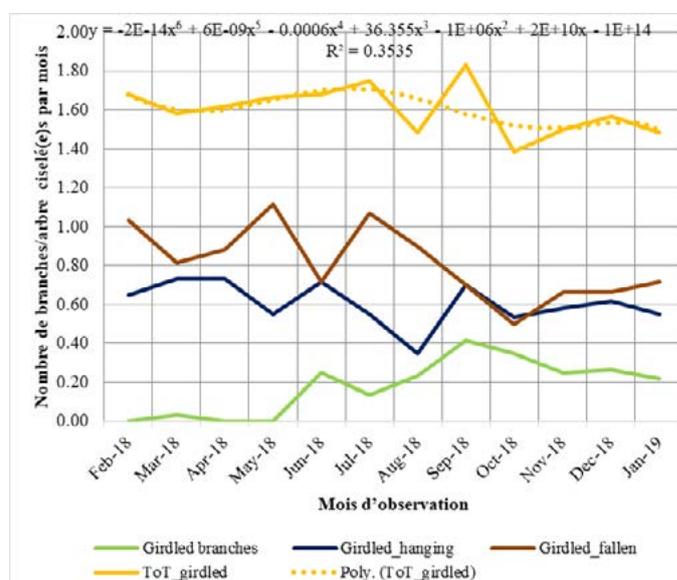


Figure 4 : Intensité saisonnière des dommages causés par *Analeptes trifasciata* sur les branches d'anacardiés à Ivbiaro en 2018/2019

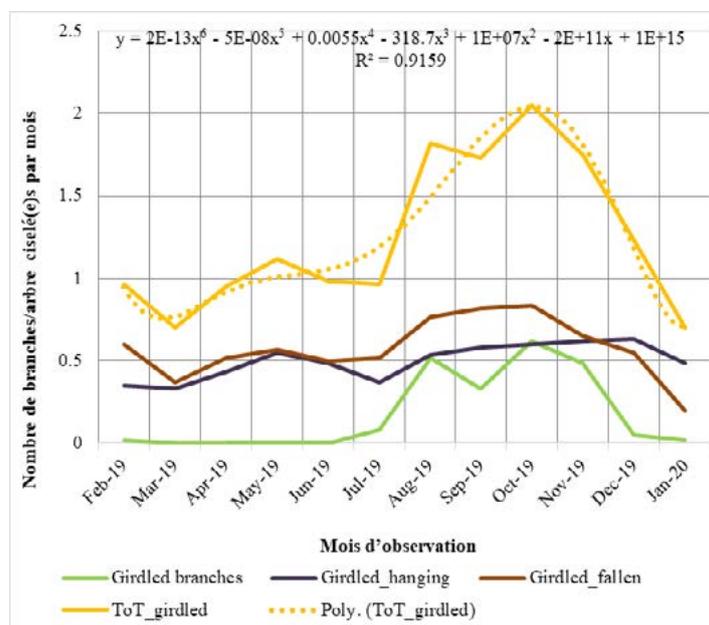


Figure 5 : Intensité saisonnière des dommages causés par *Analeptes trifasciata* sur les branches d'anacardiés à Ivbiaro en 2019/2020

Tableau 2 : Corrélation entre les dégâts causés aux branches de *Analeptes trifasciata* et les facteurs météorologiques

Paramètres météorologiques	Coefficient de corrélation (r)	Coefficient de détermination (R ²)	Équation de régression
Ibadan			
Température moyenne	0,19NS	0,04	$Y = (-7,64) + 0,33x$
Humidité relative	0,37NS	0,13	$Y = 7,91 + (-0,08)x$
Précipitation	0,004NS	$1,3 \times 10^{-5}$	$Y = 0,84 + (5,41 \times 10^{-5})x$
Ivbiaro			
Température moyenne	0,17NS	0,03	$Y = 3,34 + (-0,08)x$
Humidité relative	0,39NS	0,15	$Y = (-0,002) + 0,02x$
Précipitation	0,46*	0,21	$Y = 1,23 + 0,001x$

NS= non-significative. *La corrélation est significative à $p < 0,05$.

Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude aux membres du personnel de la Section Entomologie du de l'Institut nigérian de recherche sur le cacao (CRIN) pour leur soutien au cours de cette étude.

Références

- Adeyemo, Y.A and Okelana, F.A. 1989. Biology and control of insect pests of cashew. In: Progress in Tree Crop Research in Nigeria. CRIN, Ibadan. pp 191-197.
- Akessé, E.N., Ouali-N'Goran, S.W.M., N'Depo, O.R. and Tano, D.K.C. 2018. Population fluctuation of *Diastocera trifasciata* (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Cerambycidae), cashew branch girdler in the Brobo locality, Central Cote d'Ivoire. Journal of Entomology and Zoology Studies, 6: 1064-1070
- Asogwa, E.U., Ndubuaku, T.C.N. and Hassan, A.T. 2011. Distribution and damage characteristics of *Analeptes trifasciata* Fabricius 1775 (Coleoptera: Cerambycidae) on cashew (*Anacardium occidentale* Linnaeus 1753) in Nigeria. Agricultural biology Journal of North America, 3: 421-431.
- Chen, C., Harvey, J. A., Biere, A, and Gols, R. 2019. Rain downpours affect survival and development of insect herbivores: the specter of climate change? Ecology, 100 (11): e02819.
- Durowoju, O.S., Samuel, K.J and Anibaba, B.W. 2021. Temporal analysis of urban heat island in Ibadan metropolis. Osun Geographical Review 4 : 170-180.
- Eguagie, W.E. 1973. Insects associated with cashew (*Anacardium occidentale*) in Nigeria. Annual Report of Cocoa Research Institute of Nigeria pp. 270-273.
- Fink, U. and Volk, I. 1995. The effect of abiotic factors on foraging and oviposition success of aphid parasitoid, *Aphidius nosae*. Oecologia, 103: 372-378.
- Igboekwe, A.D. 1984. Distribution of the cashew stem-girdler, *Analeptes trifasciata* in Nigeria. Annual Report of Cocoa Research Institute of Nigeria pp. 49-52.
- Musser, F.R. and Shelton, A.M. 2005. The influence of post-exposure temperature on the toxicity of insecticides to *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae). Pest Management Science, 61: 508-510.
- Ndubuaku, T.C.N. 1997. Studies on the distribution, biology and damage by cashew stem-girdler. Annual Report of National Agricultural Research Project of CRIN pp.76-82.
- Oroh, R.O. 2005. Processing cashew nuts in Nigeria. Nigerian Investment Guide Journal. Rossland Consulting Limited. pp. 84.
- Ouali-N'Goran, S.W.M., Akese, E.N., Quattara, G.M. and Kone, D. 2020. Process of attack on cashew tree branches by *Diastocera trifasciata* (Coleoptera: Cerambycidae) and the relationship between these attacks and phenological stages in the Gbeke region (Central Cote d'Ivoire). Insects, 11: 456-466.
- Topper, C. P. and Caligari, P. D. S. 2001. West Africa Regional Cashew Survey (covering the countries Guinea, Guinea Bissau, Cote d'Ivoire, Ghana and Nigeria). Sustainable Tree Crops Programme Volume 2. Report number BHA 01110. BioHybrids Agrisystems Ltd., P.O. Box 2411, Earley, Reading RG65FY, UK.

IDENTIFICATION DE CLONES D'ANACARDIER (*ANACADIUM OCCIDENTALE L.*) PRÉSENTANT UNE MEILLEURE TOLÉRANCE AU STRESS LIÉ À L'INSTALLATION DE LA PLANTATION

Paul Krah Adu-Gyamfi¹, Edem Anyomi¹, Michael Teye Barnor¹, Alfred Arthur¹, Ishmael Amoako - Attah¹, Godfred Awudzi¹,
Yahaya Bukhari¹, Jerry Anim², de Clercq Mensah², Solomon Agyare¹, Esther Gyedu-Akoto¹ and Francis Padi¹

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

²Direction du service des cultures, Ministère de l'alimentation et de l'agriculture, P. O. Box M 37 Accra, Ghana

(Auteur correspondant email : adubee2001@yahoo.com)

Résumé

La mortalité élevée des semis en raison du stress annuel dû à la sécheresse après que le repiquage restreigne l'installation de la plantation d'anacardiers. La production durable nécessite l'identification de clones présentant une meilleure tolérance au stress lié à l'installation de la plantation pour la mise au point de variétés résistantes au changement climatique. Neuf clones de cajou d'origine ghanéenne (SG et BL), béninoise (BE) et tanzanienne (TAN) ont été évalués de 2020 à 2021 selon les critères suivants : le diamètre et la hauteur des tiges, la teneur en chlorophylle des feuilles et la survie. L'essai a été réalisé selon une conception en blocs complets aléatoires (RCBD) avec 2 répliques sur des exploitations de producteurs agricoles à Aframase (environnement presque optimal) et Gbefi (environnement sous-optimal) dans l'écologie semi-décidue du Ghana. Il n'y a pas eu d'incidences notables ($p > 0,05$) d'interaction génotype \times environnement, mais les incidences du génotype et de l'environnement étaient significatives. Le taux de survie varie entre 30 et 90 % et il est inférieur de 51 % à Gbefi par rapport à Aframase. Les niveaux de carbone, de magnésium et d'azote du sol plus élevés à Aframase qu'à Gbefi pourraient être à l'origine de cet impact environnemental. L'héritabilité de la survie était plus faible ($h^2_{bs} - 0,01$) dans un environnement sous-optimal en comparaison avec un environnement quasi optimal ($h^2_{bs} - 0,46$). Cependant, le diamètre des tiges, la hauteur et la teneur en chlorophylle présentaient une héritabilité plus élevée ($h^2_{bs} > 0,60$) dans les deux environnements. La survie est en corrélation positive avec la hauteur ($r = 0,78$, $p < 0,01$), le diamètre des tiges ($r = 0,84$, $p < 0,001$) et la teneur en chlorophylle ($r = 0,77$, $p < 0,01$). Les clones TAN 039, TAN 250 et BE 360 étaient supérieurs et comparables aux clones standard ghanéens (BL 175 et SG 278) en termes de survie. L'étude suggère que l'élargissement du patrimoine génétique du cajou pourrait constituer une stratégie viable visant à soutenir la production. En outre, la sélection de clones d'anacardiers robustes ayant une teneur élevée en chlorophylle en cas de sécheresse pourrait conduire à l'identification de clones qui présentent une tolérance au stress lié à l'installation de la plantation.

Mots clés : Sécheresse, installation, clones, héritabilité et noix de cajou

Introduction

La noix de cajou est un fruit à coque important au niveau mondial et, dans la fourniture d'une alimentation à base de grains à des êtres humains, elle occupe la troisième place après les amandes et les noix (Shahbandeh, 2022). Présentement, plus de 45 % de la production mondiale de noix de cajou brutes proviennent d'Afrique de l'Ouest (Monteiro et al., 2017). Au Ghana, la noix de cajou est le premier produit agricole d'exportation non traditionnel (NTE) et a contribué à hauteur de plus de 250 millions de dollars EU en 2020 (GEPA, 2022). Cela représente 58 % des 443 millions de dollars perçus de l'ensemble du sous-secteur des NTE agricoles en 2020. Le potentiel de cette culture en tant que moteur du développement rural et facteur de réduction de la pauvreté dans les pays en développement a été mis en évidence (Dendena and Corsi, 2014; Chivandi et al., 2015).

La noix de cajou est cultivé avec de bons rendement dans les régions tropicales et subtropicales du monde, dans un rayon de 25° Nord et Sud dans les régions tropicales et subtropicales du monde (Ohler, 1979). Au Ghana, la boucle de la noix de cajou s'étend de la zone semi-décidue au sud à la zone de savane au nord, en passant par la zone de transition au milieu de la boucle. L'anacardier est célèbre pour sa tolérance à la sécheresse, puisqu'il a besoin d'une pluviométrie annuelle de 1500 à 2000 mm (Sys et al., 1993) et une température de 25 à 28 °C (Dendena and Corsi, 2014) avec une période de sécheresse prononcée de 5 à 6 mois (Dedzoe et al., 2001) pour une productivité optimale. Il pousse le mieux sur des sols bien irrigués, profonds, de texture légère à moyenne, avec un pH de 4,5 à 6,5 (Dedzoe et al., 2001) avec un pH compris entre 4,5 et 6,5 (Dendena and Corsi, 2014).

La sécheresse affecte la productivité de nombreuses cultures, dont celle de l'anacardier (Adu-Gyamfi et al., 2022; Acuna-Soto et al., 2002). Les effets néfastes de la sécheresse se manifestent à plusieurs niveaux des fonctions de la plante, entraînant une réduction drastique des taux de croissance et la mort des semis. Dans les feuilles, la forme photosynthétique est considérée comme étant sensible aux températures élevées (Ceylan et al., 2018; Okatan, 2018). La photosynthèse peut être inhibée en raison de la perte de chlorophylle et de la réduction de la fixation et de l'assimilation du carbone. Par conséquent, la teneur en chlorophylle des feuilles est étroitement liée au stress des nutriments du sol, les génotypes tolérants à la sécheresse présentant une teneur élevée en chlorophylle (Maharajan et al., 2018).

Récemment, la mortalité élevée des jeunes plants d'anacardiers en raison de la sécheresse annuelle six mois après le semis a été mise en évidence (Adu-Gyamfi et al., 2022). Cette situation s'explique par l'utilisation de matériel végétal non amélioré et la sécheresse (Oliveira et al., 2006; Dadzie et al., 2014b) et à la sécheresse (Armah et al., 2011). Les projections du changement climatique concernant l'anacardier devrait permettre d'accroître la variabilité de la production (ACA, 2011) et la recherche est indispensable si l'on veut maintenir la production.

La sécheresse est un phénomène complexe sous contrôle polygénique avec une faible héritabilité et des effets d'interaction génotype \times environnement élevés (Liu et al., 2023). Dans les cultures arboricoles telles que l'anacardier, la modification de la gestion, l'amélioration de l'agronomie et de la génétique et la synergie entre ces éléments ont considérablement amélioré la survie des semis et le rendement dans des conditions de sécheresse (Adu-Gyamfi, 2016). L'étape du semis de l'anacardier est la plus sensible à la sécheresse et la plus coûteuse pour le

producteur. Les géotypes présentant une meilleure tolérance dans des cultures arboricoles similaires sont considérés comme présentant une forte vigueur, une faible température du couvert et une teneur élevée en chlorophylle (Padi et al., 2013; Rashid et al., 1999; Ali et al., 2023). L'amélioration de la survie des semis de cajou en vue d'une meilleure installation de la plantation nécessitera donc une compréhension de la base génétique et de la relation entre les caractéristiques morphophysiologiques qui influencent la survie des semis dans des conditions environnementales sous-optimales. Les géotypes résistants identifiés pourraient être introduits dans le pedigree des variétés recommandées afin d'améliorer la résistance au stress liée à la sécheresse et de soutenir la production dans des environnements sous-optimaux.

Le programme de recherche sur les variétés d'anacarde au Ghana a rassemblé plus de 2000 variétés de noix de cajou d'origine locale et étrangère (Adu-Gyamfi et al., 2019; Dadzie et al., 2014a) et les objectifs de ladite étude étaient les suivants: (i) évaluer l'impact de l'interaction génotype \times environnement ($G \times E$) sur la survie des semis et (ii) déterminer la relation qui existent entre les caractéristiques morpho-physiologiques et la survie des semis dans les champs des producteurs.

Matériel et méthodes

Matériel végétal

Neuf clones de germoplasme d'anacardier ont été sélectionnés et multipliés par clonage en greffant des scions récoltés sur des arbres mères à des porte-greffes âgés de 2,5 mois issus de graines à pollinisation libre. Cette sélection comprenait deux (2) clones locaux à haut rendement (≥ 7 kg/arbre) (BL 175 et SG 278) et sept (7) clones étrangers à haut rendement (≥ 7 kg/arbre) qui provenaient du Bénin (BE 059, BE 072 et BE 360) et de la Tanzanie (TAN 039, TAN 100, TAN 250 et TAN 992).

Évaluation sur le terrain et culture des plantes

Les expériences ont été menées dans les plantations des producteurs d'Aframase et de Gbefi, respectivement dans les régions de l'Est et de la Volta du Ghana. Ces sites d'expérimentation sont situés dans l'écologie semi-décidue du Ghana, avec des précipitations annuelles moyennes de 1 500 mm et une température moyenne de 25 °C. Des échantillons de sol de référence ont été prélevés de manière aléatoire sur les deux sites à une profondeur de 0 à 15 cm. L'essai a été conçu selon un schéma en blocs complets aléatoire avec deux (2) répliques impliquant 8 arbres par clone par réplique et les clones ont été repiqués en juin 2020 en respectant une distance de 10 m \times 10 m (100 plantes par hectare). En juillet 2020, chaque plant de cajou a été enrichi avec de l'azote fourni sous forme de sulfate d'ammonium en raison des faibles niveaux de fertilité du sol utilisé pour l'expérience. L'application d'agro-pesticides fait suite aux pratiques agronomiques recommandées pour la production de noix de cajou au Ghana. Essentiellement, le cyperderm (ingrédient actif - cyperméthrine) @ 150 mLha-1 a été utilisé afin de lutter contre les insectes ravageurs chaque année, d'août à octobre.

Collecte de données

Les caractères évalués dans cette étude comprennent la survie des semis (%), la hauteur des plantes (m), le diamètre des tiges (mm²) et la teneur en chlorophylle des feuilles. Le diamètre de la tige des jeunes plants d'anacardiens a été mesuré à 15 cm au-dessus du point de greffe à l'aide d'un pied à coulisse électronique un an après le semis. Le chlorophylle mètre de feuilles (SPAD) a été utilisé afin de mesurer la teneur en chlorophylle de cinq feuilles qui complètement poussé 6 mois après le semis. La hauteur des plantes a été mesurée en plaçant un mètre contre la plante et en mesurant de la base de la plante (surface du sol) à son apex 12 mois après le semis. Le diamètre de la tige de la plante a également été évalué à partir du diamètre du tronc de l'arbre à l'aide d'un pied à coulisse numérique 12 mois après le semis. La survie de chaque géotype a été estimée 12 mois après le semis à l'aide de l'équation 1 ci-dessous : .

$$\text{Survie (\%)} = \frac{\text{Nombre de plantes par parcelle survivant 12 mois après le semis}}{\text{Nombre total de plantes par parcelle}} \quad (1)$$

Analyse statistique

L'analyse de la variance basée sur la meilleure prédiction linéaire sans biais (BLUP) avec REML a été réalisée à l'aide du Logiciel statistique Genstat, les environnements étant considérés comme un effet aléatoire et les clones de germoplasme comme des effets fixes. Le modèle suivant a été utilisé dans le cadre de l'analyse des emplacements combinés.

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

Où

Y_{ijk} = valeur observée du caractère du géotype j dans le bloc i de l'environnement k , μ =moyenne générale, B_i = incidence du bloc, G_j = géotype, L_k = incidence de l'environnement, GL_{jk} = incidence d'interaction du géotype j avec l'environnement k et ϵ_{ijk} = incidence d'erreur (résiduelle) du géotype j dans le bloc i de l'environnement k . Les différences entre les moyennes ont été testées à l'aide de la méthode de la plus petite différence significative (LSD) à un niveau de probabilité de 5 %. L'analyse de la croissance (diamètre de la tige et hauteur de la plante) a été effectuée à l'aide des relevés effectués sur les clones 12 mois après le semis.

Résultats

Caractéristiques du sol

Notre étude indique que les sols ont une réaction acide avec des valeurs de pH comprises entre 5,7 et 6,5 (Tableau 1). L'Aframase présentait de manière constante des teneurs en carbone organique, en azote, en phosphore et en magnésium plus élevées que le Gbefi. La teneur en magnésium disponible à Aframase (1,4,1 cmolc kg-1) était deux fois plus élevée qu'à Gbefi (0,77 cmolc kg-1). Par rapport aux valeurs

critiques, le pH du sol, le carbone organique et les niveaux de phosphore sur les deux sites étaient inférieurs, mais les niveaux d'Azote total et de magnésium à Aframase se situaient dans la fourchette normale. D'après la composition chimique du sol, les sols semblent plus être fertiles à Aframase qu'à Gbefi.

Tableau 1. Caractéristiques du sol des deux sites d'expérimentation

Paramètres	Localisation		valeurs critiques
	Aframase	Gbefi	
pH	6.54	5.75	5.2-7.5
C organique (%)	1.03	0.94	2%
Total N	0.10	0.07	0.10%
Disponible. Phosphore (ppm)	5.52	5.17	>10ppm
Exch. Mg (cmolc kg ⁻¹)	1.41	0.77	0.8 cmolc kg ⁻¹

Génotype et environnement

Il n'y avait pas d'incidence G × E notable ($p > 0,05$) sur toutes les caractéristiques, mais les incidences du génotype et de l'environnement ont été considérables sur la survie, le diamètre des tiges, la hauteur et la teneur en chlorophylle des feuilles (Tableau 2). Les incidences environnementales ont été supérieures à 70 % par rapport aux incidences du génotype pour tous les les caractéristiques testées.

Tableau 2. Somme moyenne des carrés correspondant au diamètre des tiges, la hauteur, la chlorophylle des feuilles et la survie de 9 clones de germoplasme d'anacardier évalués à Aframase et Gbefi.

Source de variation	d.f.	Diamètre de la tige	Hauteur	Chlorophylle	Survie
Clone	8	118.3*	2346.7*	15.6*	526.3*
Environnement	2	1831.2**	11087.1**	65.8*	5892.3**
Clone x Environnement	4	61.4	943.8	15.4	263.1
Résiduelle	13	28.9	570.2	5.5	213.4

***, **Nettement différents à $p \leq 0,05$ $p \leq 0,01$ et $p \leq 0,001$, respectivement

Taux de survie des semis

Dans les deux environnements qui ont fait l'objet de l'expérimentation, le taux de survie était nettement plus faible de 51 % à Gbefi qu'à Aframase. De même, les diamètres et les hauteurs des tiges des plantes étaient également inférieurs de 54 % et 29,3 % à Gbefi par rapport à Aframase, respectivement. En outre, on a enregistré une réduction de la teneur en chlorophylle des feuilles de 11 % entre Gbefi Aframase. Le Gbefi pourrait être considéré comme un environnement relativement sous-optimal en raison des faibles niveaux de nutriments observés dans le sol (Tableau 3).

Parmi les clones d'Aframase, TAN 039 présentait le taux de survie le plus élevé, soit 90,1 % (Tableau 3). Il était suivi de près par le BE 360 et le BL 175 (clone standard) avec des taux de survie de 77,1 % et 77,1 % respectivement. Le taux de survie le plus bas, 50,5 %, a été enregistré dans le TAN 100. Cependant, à Gbefi, TAN 250 présentait le taux de survie le plus élevé (45,1 %), à l'instar du clone standard (SG 278) avec un taux de survie de 41,6 %. Sur ce site, le TAN 039 a enregistré le taux de survie le plus faible (30 %), ce qui identique à celui du TAN 992 (30,1 %).

Tableau 3. Survie des plants (%) de 9 clones d'anacardiens évalués à Aframase et Gbefi

Clone	Localisation	
	Aframase	Gbefi
BE 059	64.2	-
BE 072	-	31.0
BE 360	77.1	-
BL 175 (Standard)	77.1	31.0
SG 278 (Standard)	-	41.6
TAN 039	90.1	30.0
TAN 100	50.5	37.2
TAN 250	77.1	45.1
TAN 992	64.2	30.1
Moyenne	55.6	27.3
h2 bs	0.46	0.01
SED (génotype)	10.3	
SED (lieu)	5.8	

Évaluation des paramètres de croissance

A Aframase, TAN 039 présentait le diamètre de tige le plus élevé, soit 44,5 mm (Tableau 4). Ce résultat est comparable à celui de TAN 250, dont le diamètre de la tige est de 40,4 mm. Le clone BE 059 a produit le diamètre de tige le plus faible, soit 26 mm. A Gbefi, TAN 100 a enregistré le diamètre de tige le plus élevé, soit 24,6 mm, suivi de près par BL 175 et TAN 992 avec des diamètres de tige de 23,7 et 23,3 respectivement.

Tableau 4. Diamètre de la tige (mm) de 9 clones d'anacardiens évalués à Aframase et Gbefi

Clone	Location	
	Aframase	Gbefi
BE 059	26.0	-
BE 072	-	10.7
BE 360	29.6	0.0
BL 175 (Standard)	42.2	23.7
SG 278 (Standard)	-	18.3
TAN 039	44.5	13.4
TAN 100	35.6	24.6
TAN 250	40.4	18.9
TAN 992	36.8	23.3
Moyenne	36.4	16.6
h ² bs	0.79	0.70
SED (génotype)	3.8	
SED (lieu)	2.1	

A Aframase, la plante la plus haute était la BL 175 (187,2 cm), ce qui est comparable à la TAN 250 (183,5 cm). Le clone BE 059 a enregistré la hauteur la plus faible, soit 109,8 cm (Tableau 5). A Gbefi, la BL 75 était la plante la plus haute (140,1 cm), suivie de près par la TAN 992 (124,2 cm). A Gbefi, la BE 072 a enregistré la hauteur la plus faible, soit 62,5 cm.

Tableau 5. Hauteur des semis (cm) de 9 clones d'anacardiens évalués à Aframase et Gbefi

Clone	Localisation	
	Aframase	Gbefi
BE 059	109.8	-
BE 072	-	62.5
BE 360	127	-
BL 175 (Standard)	187.2	140.1
SG 278 (Standard)	-	103.8
TAN 039	171.5	96.4
TAN 100	111	105.4
TAN 250	183.5	105.6
TAN 992	154.2	124.2
Moyenne ¹	149.2	105.5
h ² bs	0.87	0.71
SED (g)	16.8	
SED (l)	9.3	

Le clone BE 059 à Aframase présentait la teneur en chlorophylle la plus élevée, soit 43,8 (μmol^{-2}), suivi de près par le TAN 039 avec 42,4 (μmol^{-2}) (Tableau 6). Le TAN 100 a généré la valeur la plus basse, soit 37,5 (μmol^{-2}). Mais à Gbefi, le SG 278 et le TAN 992 ont enregistré la teneur en chlorophylle la plus élevée, soit 38,1 (μmol^{-2}) tandis que le TAN 039 a enregistré la teneur la plus faible, à savoir 31,9 (μmol^{-2}) respectivement.

Tableau 6. Teneur en chlorophylle des feuilles ($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$) de 9 clones d'anacardiens évalués à Aframase et Gbefi

Localisation	Aframase	Gbefi
BE 059	43.8	-
BE 072	-	35.1
BE 360	41.9	-
BL 175 (Standard)	38.9	36.5
SG 278 (Standard)	-	38.1
TAN 039	42.4	31.9
TAN 100	37.5	36.5
TAN 250	38.9	36.7
TAN 992	40.0	38.1
Moyenne ¹	40.5	36.1
h ² bs	0.52	0.69
SED (g)	1.6	
SED (l)	0.9	

Par contre, les clones TAN 039, TAN 250, BE 360, BL 175 et SG 278, qui ont produit des taux de survie élevés, étaient robustes et avaient une teneur en chlorophylle élevée.

Héritabilité des caractéristiques

Les estimations de l'héritabilité au sens large (h^2_{bs}) varient entre les deux environnements ayant fait l'objet de l'expérimentation (tableau 7). Aframase a enregistré des estimations d'héritabilité plus élevées pour la survie ($h^2_{bs} = 0,46$) que Gbefi ($h^2_{bs} = 0,01$). Pour le diamètre des tiges, les estimations de l'héritabilité étaient plus élevées à Gbefi ($h^2_{bs} = 0,80$) qu'à Aframase ($h^2_{bs} = 0,70$), tandis que les estimations pour la hauteur étaient plus élevées à Aframase ($h^2_{bs} = 0,87$) qu'à Gbefi ($h^2_{bs} = 0,71$). Concernant la teneur en chlorophylle, les estimations de l'héritabilité étaient plus faibles à Aframase ($h^2_{bs} = 0,52$) qu'à Gbefi ($h^2_{bs} = 0,70$).

Corrélation entre les caractéristiques

Il y avait une corrélation positive conséquente entre la survie et la hauteur ($r = 0,78$, $p < 0,01$), le diamètre de la tige ($r = 0,84$, $p < 0,001$) et la teneur en chlorophylle ($r = 0,77$, $p < 0,01$).

Tableau 7. Corrélation entre les caractéristiques des clones soumis à l'expérimentation

Caractéristique	Teneur en chlorophylle	Diamètre de la tige	Hauteur
Diamètre de la tige (mm)	0.62*		
Hauteur (cm)	0.47	0.88***	
Survie (%)	0.77**	0.84***	0.74**

Discussion

Au cours des dernières années, l'anacardier a été considéré comme résistant à la sécheresse. Cependant, de nombreuses études ont mis en évidence le taux élevé de mortalité des semis, ce qui entraîne une mauvaise installation des plantations par les producteurs (Balogoun et al., 2015; Adu-Gyamfi et al., 2019). Dans la présente étude, il s'avère que l'environnement a eu une incidence plus importante (>70 %) sur toutes les caractéristiques qui ont été évaluées. La différence entre les différents milieux était plus de 7 fois supérieure à celle des génotypes. Les valeurs plus élevées obtenues en ce qui concerne le diamètre des tiges mesurées à Aframase pourraient être attribuées aux niveaux plus élevés des nutriments du sol. Il en découle que même au sein d'une même zone agroécologique, les performances des jeunes plants d'anacardiens peuvent dépendre des niveaux de nutriments du sol. Les observations faites dans le cadre de la présente étude corroborent avec d'autres études, dans lesquelles un niveau plus élevé de nutriments dans le sol a affecté la croissance et l'installation des jeunes plants d'anacardiens (Bezerra et al., 2007; Babatunde et al., 2023; Amorim et al., 2023).

Les faibles incidences génétiques (< 15 %) sur la survie parmi les clones pourraient expliquer la difficulté dans l'utilisation des approches de sélection dans le but d'obtenir des variétés ayant des performances supérieures aux fins de l'installation de la plantation. Cette situation pourrait s'expliquer par le nombre limité de clones évalués dans le cadre de l'étude. Néanmoins, les performances élevées des clones BE 360, TAN 039 et TAN 250 indiquent qu'ils pourraient également posséder des allèles qui garantissent une meilleure efficacité d'utilisation de l'eau et des nutriments en cas de sécheresse. Ces résultats viennent corroborer le rapport de Adu-Gyamfi et al. (2019). Ils pourraient donc servir à élargir la base génétique des baillieurs (Padi et al., 2017; Adu-Gyamfi et al., 2021; Ofori et al., 2014). L'héritabilité relativement faible à modérée ($h^2_{bs} = 0,01 - 0,46$) pour la survie observée dans les deux milieux pourrait être révélateur d'une forte influence du milieu sur la manifestation de cette caractéristique, ce qui pourrait limiter le processus de sélection dans les programmes de recherche sur les variétés de cajou. Néanmoins, Jansky (2009) a souligné qu'il est possible de procéder à une amélioration génétique notable de cette caractéristique si l'on utilise des approches de tests sur descendance et de sélection phénotypique récurrente. Encore une fois, l'héritabilité relativement faible de la survie à Gbefi ($h^2_{bs} < 0,01$) par rapport à Aframase ($h^2_{bs} < 0,46$) vient confirmer le rapport sur la faible héritabilité dans les milieux plus pauvres (Charmantier and Garant, 2005). On peut donc s'attendre à ce que la sélection pour la survie dans des milieux quasi optimaux

produise des gains génétiques plus importants que dans des milieux sous-optimaux. D'autre part, les estimations d'héritabilité allant du niveau modéré à élevé ($h^2_{bs} = 0,50 - 0,87$) obtenues concernant le diamètre des tiges, la hauteur et la chlorophylle et leur forte corrélation avec la survie impliquent un contrôle génétique plus élevé et on peut s'attendre à des gains génétiques plus importants relativement à la sélection de ces caractéristiques dans le but d'améliorer l'installation de plantation. En outre, les estimations portant sur l'héritabilité observée relativement au diamètre de la tige et à la hauteur de la plante dans la présente étude étaient comparables à la moyenne précédemment rapportée qui se situe entre 0,30 et 0,85 pour ce qui est du diamètre de la tige et de 0,46 à 0,80 pour la hauteur, respectivement (Sethi et al., 2016; Adu-Gyamfi et al., 2019).

On a peut mettre en évidence le fait que la taille des plantes (estimée à travers le diamètre et la hauteur des tiges) peut avoir une influence positive sur la survie des semis pendant les périodes de temps sec ainsi que le rôle des réserves des tiges dans le soutien de la repousse après la sécheresse (Padi et al., 2013). Dans le cadre de la présente étude, la corrélation positive significative observée entre la teneur en chlorophylle des feuilles et le diamètre des tiges ($r = 0,84$, $p < 0,001$) et la survie ($r = 0,74$, $p < 0,01$) met en évidence le fait que les clones d'anacardiens qui résistent à la sécheresse peuvent présenter une teneur en chlorophylle plus élevée afin de maintenir une croissance et une installation plus rapides. Les résultats viennent corroborer les rapports de Adu-Gyamfi et al. (2022) qui stipulent que les clones d'anacardiens peuvent croître plus rapidement afin de pallier le manque d'humidité et d'assurer leur survie.

Aliyu (2006) a souligné que l'hybridation et la sélection récursive pouvaient contribuer à l'amélioration de la productivité des noix de cajou sans compromettre la qualité. L'identification de clones potentiels dans la présente étude permet aux experts chargés de la sélection des variétés d'émettre des hypothèses sur les croisements possibles en vue d'améliorer la productivité. Par conséquent, les croisements impliquant les clones BE 360 et TAN 039, TAN 250, SG 278 et BL 175 peuvent produire des descendance résistantes qui pourraient faire l'objet d'expérimentation dans différentes zones agroécologiques.

Conclusion

En définitive, notre étude souligne le fait que si l'élargissement du pool génétique de l'anacardier pourrait conduire à l'identification de clones présentant une meilleure tolérance au stress lié à l'installation de plantation, les incidences génétiques sur la survie étaient faibles (<10%) dans notre étude, ce qui implique que davantage d'expérimentations avec une grande variété de clones sont essentielles afin d'identifier une variabilité génétique homogène. Néanmoins, les clones BE 360 et TAN 039, TAN 250 ainsi que leurs prototypes (SG 278 et BL 175) étaient supérieurs en termes de survie et leur potentiel pourrait être validé en tant que descendance dans différentes zones agroécologiques. Dans notre étude, les incidences environnementales sur la survie étaient considérables (>70 %), ce qui laisse transparaître le fait que même au sein d'une même agroécologie, les différences en termes de teneur en azote, en carbone et en magnésium disponible dans le sol étaient susceptibles de faire baisser de 50 % le taux de survie des semis d'anacardiens. En outre, les estimations relatives à l'héritabilité enregistrées en matière de survie étaient faibles ($h^2_{bs} < 0,10$) dans le milieu sous-optimal (Gbefi) mais modérées ($h^2_{bs} > 0,40$) dans le milieu quasi optimal (Aframase). En revanche, les estimations en matière d'héritabilité variaient du niveau modéré à élevé ($h^2_{bs} = 0,50 - 87$) en ce concerne le diamètre des tiges, la hauteur, la teneur en chlorophylle et leur corrélation positive notable avec la survie suggèrent que la sélection combinée pour la vigueur et la teneur en chlorophylle parmi les clones d'anacardiens pourrait conduire à l'identification de variétés supérieures avec une meilleure tolérance au stress lié de l'installation de plantation.

Références

- ACA (2011). Predicting the Impact of Climate Change on Cashew Growing Regions in Ghana and Cote d'Ivoire
- Acuna-Soto, R., Stahle, D. W., Cleaveland, M. K. & Therrell, M. D. (2002). Megadrought and megadeath in 16th century Mexico. *Emerging infectious diseases* 8(4): 360-362.
- Adu-Gyamfi, P. K. (2016). The physiological basis of drought tolerance identified from genetic association analysis in wheat (*Triticum aestivum* L.).
- Adu-Gyamfi, P. K., Barnnor, M., Akperterey, A. & 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(1): 539-550.
- Adu-Gyamfi, P. K., Barnnor, M., Akperterey, A., Dadzie, A. M., Anyomi, E., Osei-Akoto, S. & Padi, F. (2021). Broadening the Gene Pool of Cashew (*Anacardium occidentale*) for Survival and Precocity. *Agricultural Research*: 1-13.
- Adu-Gyamfi, P. K., Dadzie, M. A., Barnnor, M., Akperterey, A., Arthur, A., Osei-Akoto, S., Ofori, A. & Padi, F. (2019). Genetic variability and trait association studies in cashew (*Anacardium occidentale* L.). *Scientia horticulturae* 255: 108-114.
- Ali, A., Ullah, Z., Sher, H., Abbas, Z. & Rasheed, A. (2023). Water stress effects on stay green and chlorophyll fluorescence with focus on yield characteristics of diverse bread wheats. *Planta* 257(6): 104.
- Aliyu, O. (2006). Phenotypic correlation and path coefficient analysis of nut yield and yield components in cashew (*Anacardium occidentale* L.). *Silvae Genetica* 55(1-6): 19-24.
- Amorim, F. F. V. R. d., Natale, W., Taniguchi, C. A. K., Serrano, L. A. L., Corrêa, M. C. d. M. & Artur, A. G. (2023). Iron doses on growth and gas exchange of dwarf cashew seedlings. *Journal of Plant Nutrition* 46(10): 2315-2328.
- Armah, F. A., Odoi, J. O., Yengoh, G. T., Obiri, S., Yawson, D. O. & Afrifa, E. K. (2011). Food security and climate change in drought-sensitive savanna zones of Ghana. *Mitigation and adaptation strategies for global change* 16(3): 291-306.
- Babatunde, O. P., Adeigbe, O., Sobowale, O., Muiyiwa, A. & Balogun, S. (2023). Cashew Production and Breeding in 5 West African Countries. *Journal of Scientific Research and Reports* 29(5): 28-39.
- Balogoun, I., Ahoton, L., Aliou, S., Daouda, B., Ezin, V., Amadji, G., Ahohuendo, B., Severin, B., Chougourou, D. & Ahanchede, A. (2015).

Effect of Climatic Factors on Cashew (*Anacardium occidentale* L.) Productivity in Benin (West Africa). *Journal of Earth Science & Climatic Change* 07.

Bezerra, M. A., Lacerda, C. F. d., Gomes Filho, E., de Abreu, C. E. & Prisco, J. T. (2007). Physiology of cashew plants grown under adverse conditions. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 19: 449-461.

Ceylan, F., Akpınar, M. G., Cherciov, A.-M., Özkan, B. & Gül, M. (2018). Consumer preferences of organic products for Romania. *International Journal of Agriculture, Forestry and Life Sciences* 2(2): 47-55.

Charmantier, A. & Garant, D. (2005). Environmental quality and evolutionary potential: lessons from wild populations. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 272(1571): 1415-1425.

Chivandi, E., Mukonowenzou, N., Nyakudya, T. & Erlwanger, K. H. (2015). Potential of indigenous fruit-bearing trees to curb malnutrition, improve household food security, income and community health in Sub-Saharan Africa: A review. *Food Research International* 76: 980-985.

Dadzie, A., Adu-Gyamfi, P., Opoku, S., Yeboah, J., Akperterey, A., Opoku-Ameyaw, K., Assuah, M., Gyedu-Akoto, E. & Danquah, W. (2014a). Evaluation of Potential Cashew Clones for Utilization in Ghana. *Advances in Biological Chemistry* 4: 232-239.

Dadzie, A. M., Adu-Gyamfi, P. K. K., Opoku, S. Y., Yeboah, J., Akperterey, A., Opoku-Ameyaw, K., Assuah, M., Gyedu-Akoto, E. & Danquah, W. B. (2014b). Evaluation of Potential Cashew Clones for Utilization in Ghana. *Advances in Biological Chemistry* Vol.04No.04: 8.

Dedzoe, C., Senayah, J. & Asiamah, R. (2001). Suitable agro-ecologies for cashew (*Anacardium occidentale* L) production in Ghana. *West African Journal of Applied Ecology* 2(1).

Dendena, B. & Corsi, S. (2014). Cashew, from seed to market: a review. *Agronomy for sustainable development* 34(4): 753-772.

GEPA (2022). GHANA'S NON-TRADITIONAL EXPORTS RECORDS \$3.33 BILLION IN 2021. Vol. 2023, The contribution of cashew Exports to Ghana's Economy: Ghana Export Promotion Authority.

Jansky, S. (2009). Breeding, genetics, and cultivar development. In *Advances in potato chemistry and technology*, 27-62: Elsevier.

Liu, S., Wang, H. & Qin, F. (2023). Genetic dissection of drought resistance for trait improvement in crops. *The Crop Journal*.

Maharajan, T., Ceasar, S. A., Krishna, T. P. A., Ramakrishnan, M., Duraipandiyam, V., Abdulla, A. D. N. & Ignacimuthu, S. (2018). Utilization of molecular markers for improving the phosphorus efficiency in crop plants. *Plant Breeding* 137: 10-26.

Monteiro, F., Catarino, L., Batista, D., Indjai, B., Duarte, M. C. & Romeiras, M. M. (2017). Cashew as a high agricultural commodity in West Africa: insights towards sustainable production in Guinea-Bissau. *Sustainability* 9(9): 1666.

Ofori, A., Padi, F., Assuah, M. & Anim-Kwapong, G. (2014). Broadening the gene pool of cocoa (*Theobroma cacao* L.) progenies with Guiana clones: Establishment and precocity traits. *Journal of Crop Improvement* 28(5): 715-728.

Ohler, J. G. (1979). Cashew. Koninklijk Instituut voor de tropen. Department of agricultural, research, Amsterdam: Koninklijk Instituut voor de Tropen.

Okatan, V. (2018). Phenolic compounds and phytochemicals in fruits of black mulberry (*Morus nigra* L.) genotypes from the Aegean region in Turkey. *Folia Horticulturae* 30(1): 93-101.

Oliveira, V. H., Miranda, F. R., Lima, R. N. & Cavalcante, R. R. R. (2006). Effect of irrigation frequency on cashew nut yield in Northeast Brazil. *Scientia Horticulturae* 108(4): 403-407.

Padi, F. K., Adu Gyamfi, P., Akperterey, A., Arthur, A. & Ofori, A. (2013). Differential response of cocoa (*Theobroma cacao*) families to field establishment stress. *Plant Breeding* 132(2): 229-236.

Padi, F. K., Ofori, A. & Akperterey, A. (2017). Genetic base-broadening of cacao for precocity and cropping efficiency. *Plant Genetic Resources* 15(6): 548-557.

Rashid, A., Stark, J., Tanveer, A. & Mustafa, T. (1999). Use of canopy temperature measurements as a screening tool for drought tolerance in spring wheat. *Journal of agronomy and crop science* 182(4): 231-238.

Sethi, K., Tripathy, P. & Mohapatra, K. (2016). Variability and Heritability of Important Quantitative. *Environment & Ecology* 34(4): 1795-1798.

Shahbandeh, M. (2022). Statista. Vol. 2023, Nut industry worldwide - statistics & facts.

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



PRÉVISION DE LA PRODUCTION DE CAJOU AU NIGÉRIA: APPROCHE DE MODÉLISATION ÉCONOMÉTRIQUE ARIMA

Q.A. Ogunwolu, K.A. Adesanya, A.O Akinpelu and C.A. Ugwu

Département de l'économie et de la vulgarisation, Institut nigérian de recherche sur le cacao (CRIN), Idi Ayunre, PMB 5244, Ibadan, État d'Oyo
Courriel de l'auteur correspondant : qudusogunz@gmail.com

RÉSUMÉ

Le cajou constitue l'un des principaux produits d'exportations agricoles du Nigéria. Sa culture représente une source importante de devises depuis plus de cinquante ans. La prévision de la production de cajou est d'une importance capitale dans le choix de la stratégie de diversification agricole à utiliser par le gouvernement ainsi que pour les moyens de subsistance des producteurs de cajou dans les années à venir. L'étude a examiné la tendance de la production de cajou au Nigéria de 1982 à 2021. Elle a également fourni une prévision de la production de cajou au Nigéria de 2022 à 2030 en recourant au modèle ARIMA. La procédure d'analyse automatisée sur le progiciel E-views 10 a révélé que la combinaison ARIMA (1,1,12) est celle qui présente le critère d'information d'Akaike (AIC) et le Sigma au carré les plus faibles, ainsi que le R au carré ajusté le plus élevé parmi les autres structures, et qu'elle constitue de ce fait l'outil le plus approprié pour les prévisions. Les résultats de l'analyse des tendances ont révélé que la production de cajou au Nigéria a atteint un niveau record en 2009, avec 800 000 tonnes. Toutefois, cette production a enregistré une baisse après cette période. Les prévisions indiquent que la production de cajou connaîtra une hausse progressive de 2022 à 2030, où elle devrait atteindre le niveau record de 526 176 tonnes pour la décennie. Ce chiffre est tout de même inférieur à celui enregistré en 2009. L'étude recommande que les producteurs de cajou bénéficient d'incitations financières et techniques afin de garantir l'atteinte, voire le dépassement, du niveau prévu et d'améliorer leurs moyens de subsistance. Le Gouvernement devrait également accorder la priorité à la production de cajou et encourager l'exportation lors de l'élaboration de politiques agricoles visant à diversifier l'économie.

MOTS CLÉS : Exportations agricoles, stratégie de diversification, politiques, tendances

INTRODUCTION

Le Nigéria figure parmi les principaux producteurs de cajou au niveau mondial et sa contribution à la filière du cajou est reconnue comme étant significative. Le climat favorable et les conditions de croissance adéquates du pays contribuent à en faire un lieu idéal pour la culture du cajou. Le Nigéria figure régulièrement parmi les premiers pays producteurs de cajou au monde. Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), le Nigéria était le quatrième plus grand producteur de cajou en 2019, avec un volume de production d'environ 172 000 Tonnes métriques (TM) (FAOSTAT, 2019). Le Conseil nigérian de promotion des exportations (NEPC) a indiqué que le pays a enregistré une production d'environ 220 000 TM de noix de cajou en 2020, soit une hausse de la production par rapport aux années précédentes (NEPC, 2021). La production de cajou joue un rôle prépondérant dans les secteurs agricole et économique du Nigéria. Le pays est un exportateur important de noix de cajou, générant ainsi des recettes en devises et contribuant à l'emploi et au développement rural.

Les exportations de cajou ont rapporté environ 350 millions de dollars EU au Nigéria en 2020, faisant de ce produit la première exportation agricole non pétrolière du pays (NEPC, 2021). La filière du cajou a également attiré des investissements et permis la création des opportunités de valeur ajoutée, notamment en matière de transformation et de conditionnement, entraînant la création d'usines de transformation du cajou au Nigéria (Onwuka et al., 2021).

Le pays est fortement tributaire des exportations de pétrole, qui représentent 90 % des recettes publiques. La forte dépendance à l'égard du pétrole a entraîné une récession économique en 2016 en raison de la forte baisse des cours mondiaux du pétrole (Ikechi et Anthony, 2020). Le Nigéria, dont l'économie dépend du pétrole, a reconnu la nécessité de réduire sa dépendance à l'égard du pétrole et de développer d'autres secteurs, l'agriculture étant un domaine clé de croissance potentielle. La filière du cajou en tant que sous-secteur peut en effet servir de moyen de diversification de l'économie nigériane. Le Nigéria est déjà un acteur majeur du marché mondial du cajou, mais il existe un potentiel important de croissance et de développement dans ce secteur. Selon la Commission nigériane de promotion des investissements (NIPC) (2020), la production de cajou offre plusieurs avantages, notamment la création d'emplois, la génération de recettes d'exportation et la réduction de la pauvreté. Fort de ce qui précède, cette étude avait pour but d'effectuer une prévision sur neuf ans afin de fournir une estimation des perspectives de la production future de cajou.

MÉTHODOLOGIE

L'étude a retenu la production annuelle de cajou au Nigéria à partir de la base de données statistiques de la FAO pour une période de 39 ans allant de 1982 à 2020. Elle a eu recours à des statistiques tant descriptives que inférentielles. Les statistiques descriptives adoptées se présentaient sous la forme de graphiques servant à examiner les tendances de la production de cajou et les propriétés du modèle dénommé Moyenne mobile intégrée autorégressive (ARIMA). Les statistiques inférentielles ont été utilisées sous la forme d'un modèle ARIMA en vue de fournir des prévisions de la production de cajou au Nigéria.

MODÉLISATION DE L'ALGORITHME ARIMA

Selon Box et al., (1974), l'algorithme ARIMA est le modèle de série chronologique stochastique le plus fréquemment utilisé. Il aide à l'identification, à l'estimation et au diagnostic des modèles où le temps constitue la principale variable indépendante (Ajetomobi et Olaleye, 2019). Le modèle est adapté aux grandes séries de données temporelles présentant un modèle historique observable. Il repose en général sur trois paramètres de commande, p, d et q. La composante auto-régressive du modèle fait référence à l'utilisation des valeurs antérieures afin de fournir des prévisions sur les valeurs observées. Le paramètre autorégressif, p, désigne, le nombre de retards autorisés dans le modèle. Un modèle AR généralisé se présente comme suit :

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 y_{(t-1)} + \beta_2 y_{(t-2)} + \dots + \beta_k y_{(t-k)} + \varepsilon_t \quad (1)$$

β_0 to β_k sont les paramètres du modèle

La composante intégrée du modèle représentée par (d) renvoie au degré de différenciation qui est déterminé par la stationnarité du modèle. La composante moyenne mobile (q) du modèle fait référence aux erreurs retardées dans le modèle, c'est-à-dire au terme d'erreur en tant que fonction des termes d'erreur antérieurs

$$y_t = \theta_0 + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_k \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Le modèle complet ARIMA, qui comprend l'autorégression, la différenciation et la moyenne mobile, est présenté de façon linéaire ci-dessous

$$y_t = c + \beta_1 y_{dt-1} + \beta_2 y_{dt-2} + \dots + \beta_k y_{dt-k} + \theta_0 + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_k \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Lorsque y_d est différencié d fois et c est une constante.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Analyse des tendances de la production de cajou au Nigéria (1982-2020)

La production de cajou au Nigéria a varié au fil du temps (Figure 1). La production et le rendement ont été stables mais faibles entre 1982 et 1990. Cette faible production de cajou pourrait s'expliquer par la libéralisation du marché des produits de base au début des années 1980. Cette tendance a été suivie d'une croissance progressive de la production de cajou entre 1991 et 1998. À en croire Ogunwolu et al., (2022), la croissance de la production au cours de cette période peut être directement due à la hausse de la culture du cajou dans tout le pays. On constate une hausse de la production et du rendement de plus de 100 % entre 1999 et 2009, la production la plus élevée ayant été enregistrée en 2009, avec 800 000 tonnes. L'introduction de pratiques agricoles et de matériel végétal amélioré a permis d'accroître les rendements. Toutefois, la production a connu une baisse entre 2010 et 2014 en raison de la réduction de la qualité des noix. Fisher et al., (2015) considèrent que les piètres conditions de stockage constituent la principale cause de la faible qualité des noix. Après 2014, on a noté une relative stabilité de la production et du rendement de l'anacarde, et ce, jusqu'en 2021, avec une production et un rendement moyens de 103 409 tonnes et 7303 ha/hg respectivement. Les incitations techniques inadéquates sous forme de formation, de subventions aux intrants et d'incitations financières inadéquates pourraient expliquer ce déclin de 800 000 à une moyenne de 103 409 tonnes (Olukunle, 2022 ; Olomu et al., 2020).

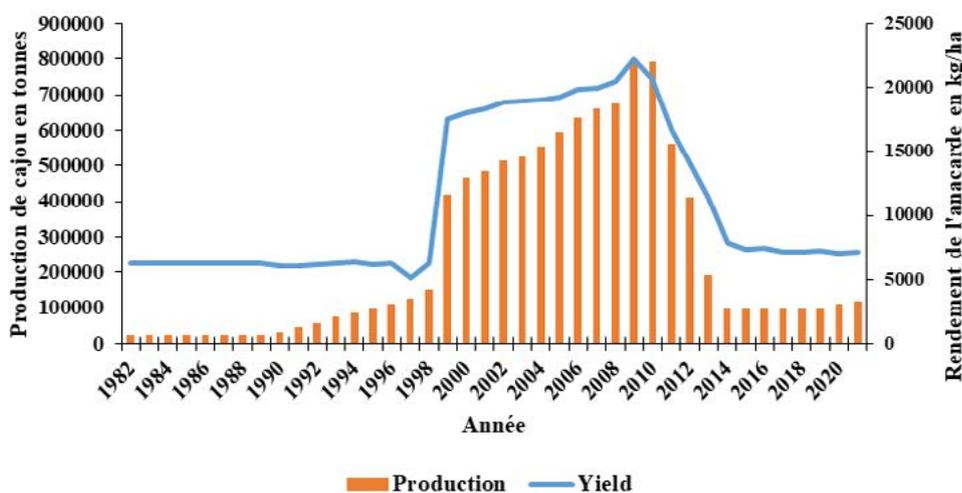


Figure 1 : Production et rendement du cajou au Nigéria

Source: FAOSTAT (2022)

Test de stationnarité

L'une des conditions requises pour l'adaptation d'un modèle ARIMA est que la série en question soit stationnaire, c'est la raison pour laquelle le test de racine unitaire de Dickey Fuller augmenté (ADF) a été effectué dans le but de vérifier la stationnarité de la production de cajou au fil du temps. Le résultat du test ADF de racine unitaire présenté dans le Tableau 1 montre que la production de cajou n'est stationnaire qu'après la première différenciation au niveau de signification de 10 %. Il en résulte que la composante d du modèle ARIMA est égale à 1.

Tableau 1 : Test de racine unitaire ADF

	Statistique T	Ordre de retard	Valeur P	Commentaire
Niveaux	-1,480735	1	0,8183	Non stationnaire
Première différence	-3,422568	1	0,0637	Stationnaire

Identification du modèle

Après l'identification de l'ordre d'intégration (d), l'étape suivante du processus de modélisation de l'algorithme ARIMA est l'identification du modèle optimal (recherche de l'ordre optimal de AR(p) et MA(q)) à l'aide de la Fonction d'auto-corrélation (ACF) et de la Fonction d'auto-corrélation partielle (PACF). La Figure 2 présente le graphique de l'ACF et de la PACF à partir duquel trois modèles ARIMA ont été identifiés. Il s'agit des modèles ARIMA (1,1,1), ARIMA (1,1,12) et ARIMA (12,1,1). Selon Satrio et al., (2021), le modèle ayant le plus petit sigma au carré et le plus petit critère d'information d'Akaike (AIC) est considéré comme étant le modèle optimal. Par conséquent, le modèle ARIMA (1, 1, 12) est considéré comme étant le modèle optimal et donc adopté pour les prévisions (Tableau 2).

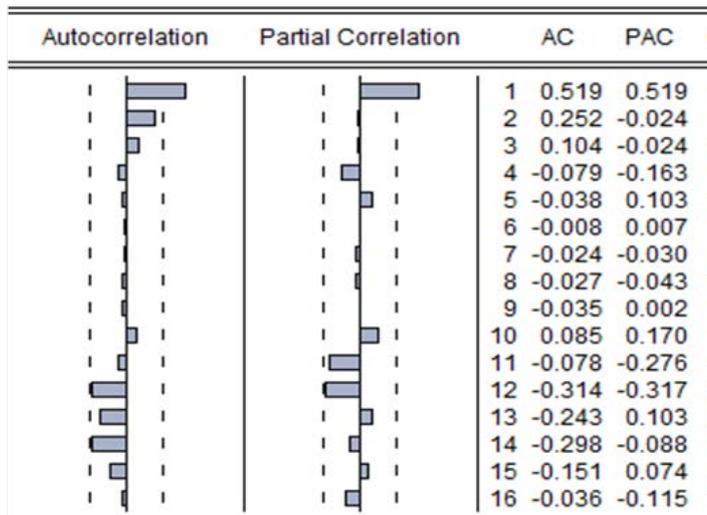


Figure 2 : Fonction d'auto-corrélation et fonction d'auto-corrélation partielle pour la production de cajou au Nigéria

Tableau 2 : Résultat de la sélection du modèle optimal ARIMA

MODÈLES	AIC	Sigma au carré	Decision
ARIMA (1,1,1)	25,22986	4,29E, +09.	Non optimal
ARIMA (1,1,12)	25,08035	3.41E, +09.	Optimal
ARIMA (12,1,1)	25,12337	3.63E, +09.	Non optimal

Vérification de diagnostic du modèle

Il est nécessaire d'effectuer une vérification de diagnostic du modèle adopté pour s'assurer que l'ordre des paramètres et la structure du modèle sont appropriés avant de faire des prévisions. La Figure 3 présente les courbes d'autocorrélation résiduelle et de corrélation partielle. Les graphiques permettent de déduire qu'il n'existe pas d'auto-corrélation significative dans le modèle. La Figure révèle que les ACF et PACF résiduels se situent dans l'intervalle de confiance de 90 %. Nous pouvons donc conclure que le modèle est correctement spécifié.

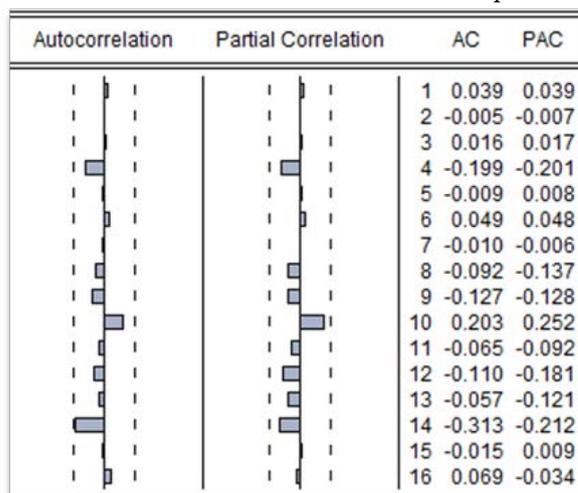


Figure 3 : Fonction d'auto-corrélation et fonction d'auto-corrélation partielle des résidus de la production de cajou

PRÉVISIONS

À en croire Oni et al., (2020), un modèle ARIMA bien ajusté permet de prévoir de manière adéquate une série temporelle de données testée. Les résultats des prévisions du Tableau 3 et de la Figure 4 montrent que la production de cajou enregistrera une hausse progressive entre 2023 et 2030, à un taux moyen de 24 % entre 2022 et 2026. Toutefois, cette croissance connaîtra une baisse entre 2027 et 2030 pour atteindre un taux de production annuel moyen de 1,5 %. Selon les résultats des prévisions, la production de cajou atteindra un niveau record au cours de

la décennie en 2030, à savoir 526 176,5 tonnes. Toutefois, ce chiffre reste inférieur au volume de production obtenu en 2009, qui était de 800 000 tonnes.

Le Nigéria jouit de conditions agro-écologiques favorables à la production de cajou, notamment un climat propice, des régimes de précipitations et divers types de sols. Ces facteurs contribuent au potentiel du pays pour la culture à grande échelle du cajou et à la hausse des niveaux de production futurs (Ogundele et al., 2020). En outre, le cajou est un produit de base très prisé à l'échelle mondiale en raison de sa valeur nutritionnelle et de ses multiples utilisations dans diverses industries. Selon Ayodeji et al., (2020), le Nigéria dispose d'un avantage concurrentiel pour répondre à la demande mondiale croissante d'amandes de cajou. Cette situation pourrait expliquer l'augmentation potentielle de la production de cajou dans les années à venir. La production de cajou contribue de manière significative à l'économie du Nigéria en créant des emplois, en générant des recettes en devises et en favorisant le développement rural. La chaîne de valeur du cajou a le potentiel de stimuler la croissance économique, d'améliorer les moyens de subsistance des exploitants agricoles et de réduire la pauvreté à long terme (Ugwu et al., 2019). À en croire Okoye et al., (2021), certains des principaux facteurs ayant une incidence sur la production de cajou intègrent l'accès inadéquat aux services de vulgarisation et aux matériels végétaux améliorés.

Tableau 3 : Prévisions de la production de cajou

Année	PRODUCTION DE CAJOU EN TONNES	HAUSSE DU POURCENTAGE
(%)	158253,4	33
2022	158253,4	33
2023	237588,1	50,13
2024	320037,9	34,70
2025	439349,5	37,28
2026	494253,2	12,50
2027	507991,4	2,78
2028	515754,7	1,53
2029	520477	0,92
2030	526176,5	1,10

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Il ressort de l'analyse que la production de cajou au Nigeria devrait très probablement enregistrer une hausse entre 2023 et 2030. Cependant, en dépit de ces prévisions positives, l'insuffisance du soutien financier et technique, l'inadéquation des contacts avec les vulgarisateurs et le manque de matériel végétal amélioré ont été identifiés dans la littérature comme des problèmes susceptibles de compromettre les résultats escomptés. Au regard de ces défis, les recommandations suivantes sont formulées :

1. le Gouvernement devrait prendre en compte la filière du cajou dans sa quête de diversification, étant donné qu'elle recèle un potentiel d'expansion ;
2. l'Institut nigérian de recherche sur le cacao et les autres parties prenantes de cette filière dans le pays devraient s'efforcer de mettre au point du matériel végétal amélioré à haut rendement ; et
3. le Gouvernement et les autres parties prenantes de la filière devraient œuvrer à la mise à disposition davantage de soutien financier et technique pour les producteurs de cajou.

RÉFÉRENCES

- Adeigbe, O. O., Olasupo, F. O., Adewale, B. D. & Muyiwa, A. A. (2015). A review on cashew research and production in Nigeria in the last four decades. *Academic Journal Scientific Research and Essays*, 10(5), 196-209. doi:10.5897/SRE2014.5953
- Ajetomobi, J. O. & Olaleye, A. O. (2019). Auto-regressive integrated moving average (ARIMA) modeling of cocoa production in Nigeria: 1900-2025. *Journal of Crop Improvement*, 33(4), 445-455.
- Ayodeji, O. E., Fapohunda, O. O. & Mohammed, S. G. (2020). Production, marketing and economic implications of cashew nuts in Nigeria. *Nigerian Journal of Agricultural Economics*, 10(1), 82-94.
- Box, G. E. P., G. M. Jenkins, and J. F. MacGregor. (1974). "Some Recent Advances in Forecasting and Control." *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)* 23 (2): 158–179.
- Eni, D.; Adeyeye, F.J. Seasonal ARIMA Modeling and Forecasting of Rainfall in Warri Town, Nigeria (2015). *J. Geosci. Environ. Prot.* 3, 91–98.
- FAOSTAT: Cashew Nuts, With Shell, Production Quantity (2019). [Online]. Accessed 5th May, 2023. Available: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>.
- Ikechi, K. S., & Anthony, N. (2020). Global oil price shocks and effects on economic growth: An econometric Investigation of Nigeria. *International Journal of Innovation and Economic Development*, Inovatus Services Ltd, 6(4), 7-26.
- Nigerian Export Promotion Council (NEPC). (2021). Cashew. [Online]. Accessed 5th May, 2023. Available: <https://www.nepc.gov.ng/cashew/>.

Nigerian Investment Promotion Commission (NIPC). (n.d.). Cashew. [Online]. Accessed 4th June, 2023. Available: <https://nipc.gov.ng/cashew/>.

Ogundele, O. O., Chidebelu, S. A. N., Anele, U. Y., & Salako, M. O. (2020). Modelling the influence of climatic factors on cashew nut yield in Nigeria. *African Journal of Agricultural Research*, 15(12), 2482-2490.

Ogunwolu, Q. A., Akinpelu, A.O., Agulanna F.T. & Oladokun Y.O.M. (2022). Assessment of Nigeria's Cashew Industry: Panacea for food security. *Agricultural Society of Nigeria (ASN) Conference paper*. 87-92.

Okoye, U., Obi, S. E., & Patrick, O. U. (2021). Evaluation of the Socio-Economic Factors Impeding Production of Cashew in Ogaji, North Central Nigeria. *Indonesian Journal of Innovation and Applied Sciences (IJIAS)*, 1(3), 237-244.

Olomu, M. O., Ekperiware, M. C., & Akinlo, T. (2020). Agricultural sector value chain and government policy in Nigeria: issues, challenges and prospects. *African Journal of Economic and Management Studies*.

Olujobi, O. J., Olarinde, E. S., Yebisi, T. E., & Okorie, U. E. (2022). COVID-19 pandemic: The impacts of crude oil price shock on Nigeria's economy, legal and policy options. *Sustainability*, 14(18), 11166.

Olukunle, O. T. (2022). Determinants of cashew supplies and prospects for diversification into agro-allied industries in Nigeria. *International Journal of Agricultural Policy and Research*, 11(1), 35.

Oni, O. V., Oni, O. A., Akanle, Y. O., & Ogunleye, T. B. (2020). Modelling Annual Cocoa Production Using Arima Time Series Model. *African Journal of Mathematics and Statistics Studies*, 4(3), 135-144.

Onwuka, U. N., Okorji, E. C., & Nwachukwu, I. N. (2021). Challenges and Prospects of Small-Scale Cashew Processing Firms in Nigeria. *Journal of Food Quality*, 2021, 1-8.

Satrio, C. B. A., Darmawan, W., Nadia, B. U., & Hanafiah, N. (2021). Time series analysis and forecasting of coronavirus disease in Indonesia using ARIMA model and PROPHET. *Procedia Computer Science*, 179, 524-532.

Ugwu, J. O., Ekwueme, A. O., & Okoye, B. C. (2019). Economic analysis of cashew (*Anacardium occidentale* L.) processing in Nsukka Agricultural Zone of Enugu State, Nigeria. *Journal of Agribusiness and Rural Development*, 51(3), 307-317.



RÉACTIONS DE PLANTS GREFFÉS D'ANACARDIERS À DIFFÉRENTES FORMULES D'ENGRAIS MINÉRAUX ET ORGANIQUES UTILISÉS COMME FUMURE DE FOND DANS LES PLANTATIONS

Sabi Bira Joseph TOKORE OROU MERE

Laboratoire de Phytotechnie, d'Amélioration et de Protection des Plantes (LaPAPP)/Parakou-Bénin.

Département des Sciences et Techniques de Production Végétale, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou BP 123 Parakou, République du Bénin.

E-mail: jtokore@gmail.com ; Tel.: +229 96 06 92 95/95047951

Résumé

Le rendement des noix de cajou brutes au Bénin reste relativement faible, principalement en raison du matériel végétal utilisé par les producteurs. En effet, les producteurs d'anacardiens utilisent les noix provenant des années précédentes pour l'installation des plantations. L'utilisation de plants greffés représente actuellement une alternative qui permet d'améliorer le rendement des nouvelles plantations. Cependant, les plants greffés sont fragiles et ne survivent pas longtemps à la saison sèche de l'année au cours de laquelle ils sont plantés, avec un fort taux de mortalité en raison de leur fragilité. La présente recherche réalisée sur les sols ferrugineux tropicaux du centre du Bénin vise à évaluer la réaction des plants d'anacardiens greffés à différentes formules d'engrais minéraux et organiques appliqués sous forme de fumure de fond. Dans le cadre de l'étude, un modèle de bloc complet aléatoire comprenant trois séries a été mis en place. Chaque série est composée de 11 applications. Le modèle linéaire généralisé (glm) a été retenu comme méthode d'analyse de la variance avec le logiciel SPSS v21 dans le but de comparer les effets des applications. Les formules organo-minérales N40P80K72 + 2 kg de fiente de volaille et N40P80 + 2 kg de fiente de volaille appliquées sous forme de fumure de fond ont permis d'obtenir de meilleurs résultats en termes de récupération et de paramètres de croissance des plants greffés mis en place dans le champ. Ces formules d'engrais ont permis aux plants d'anacardiens greffés de survivre à 85 % et 80 % respectivement après leur mise en place. Ils ont également permis d'améliorer la croissance en hauteur, en vigueur et en capacité de production d'un grand nombre de feuilles. Dans le but de réduire le taux de mortalité des greffes de plants d'anacardiens, ces formules d'engrais peuvent être proposées aux producteurs en vue de l'installation de nouvelles plantations.

Mots-clés : Fumier de fond, greffés d'anacardiens, fientes de volaille, engrais minéraux, paramètres de croissance, survie des plants greffés d'anacardiens.

Introduction

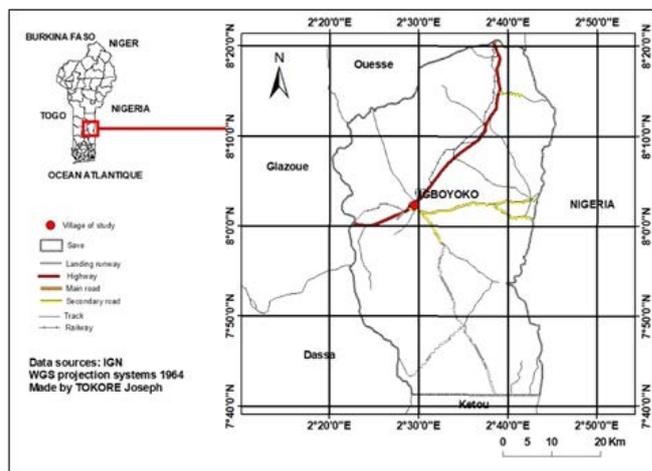
The cashew tree (*Anacardium occidentale* L.) is a cash and export crop in West African countries including Benin and helps to solve L'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) est une culture de rente et d'exportation dans les pays d'Afrique de l'Ouest, notamment au Bénin ; il contribue à la résolution des problèmes environnementaux et socio-économiques dans les zones de production (Hammed et al. 2008 ; Dwomoh et al., 2008). L'anacardier ne cesse de gagner en importance au Bénin depuis les crises cotonnières de 1999-2000, qui ont à nouveau révélé la fragilité de l'économie béninoise (Rondeux, 1999). L'État béninois a bien compris le bien-fondé de la diversification des filières, notamment celle de l'anacarde, et les producteurs et opérateurs économiques ont pris conscience de l'importance de ce secteur, qui avait été jadis négligé. L'anacardier représente désormais un moteur de développement économique qui crée des services et génère des revenus pour les producteurs (Adegbola et al., 2011). Au Bénin, la noix de cajou brute représente le deuxième produit agricole d'exportation après le coton ; elle constitue le troisième pilier économique (Issaka, 2019). Ce secteur représentait alors 8 % de la valeur totale des exportations en 2008, 7 % du PIB agricole, 3 % du PIB national et 24,87 % du revenu agricole d'exportation (Tandjiékpon, 2010). La production annuelle de noix de cajou au Bénin est estimée à 110 117,41 tonnes, selon le rapport d'enquête sur les rendements (DSA, 2017), avec un rendement moyen de 377 kg/ha, malgré les efforts consentis par les pouvoirs publics, pour la promotion de la filière anacarde, le rendement (2-4 kg/arbre) reste relativement faible, par rapport à celui d'autres pays comme la Tanzanie où le rendement moyen est de 15-20 kg/arbre (Kodjo et al., 2016). Ces faibles rendements ont pour origine l'utilisation d'un matériel végétal hétéroclite et des pratiques culturales inadéquates, notamment l'absence de lutte contre les maladies et les ravageurs, le manque d'entretien des vergers, les mauvaises pratiques dans les champs et les opérations post-récoltes. À cela s'ajoutent le vieillissement du verger et la baisse de la fertilité des sols. La question du maintien de la fertilité représente un défi pour les producteurs. Les sols des plantations d'anacardiens présentent des carences en phosphore comprises entre 31 et 44 % et des carences en potassium allant de 17 à 53 % (INRAB / CCA-CORAF, 2016). En vue de pallier aux insuffisances et aux défaillances en ces deux principaux éléments nutritifs, des essais de formulations et de dosages d'engrais minéraux NPK ont été réalisés dans la municipalité de Parakou au Nord-Bénin. Ces essais ont permis de mettre en évidence deux formulations et deux doses optimales adaptées aux classes d'âge de l'anacardier de trois à cinq ans et de sept à neuf ans, en vue d'une meilleure gestion de la fertilité des sols et de l'amélioration du rendement de l'anacardier dans les plantations (INRAB / CCA-CORAF, 2016 ; N'Djolossé et al., 2018). Ces résultats ne sont que des pistes d'amélioration du rendement des jeunes plantations d'anacardiens alors que la question de la reprise au champ du nouveau matériel végétal (plants greffés) qui a été mis au point n'a pas encore été résolue. En effet, des taux de mortalité supérieurs à 73 % et 68 % ont été enregistrés, respectivement en 2018 et 2019, selon le rapport d'enquête de l'URCPA-AD 2018 et 2019. La présente étude a été entreprise dans le but de contribuer à la réduction des taux de mortalité des anacardiens greffés après le repiquage.

Matériel et méthodes

Environnement de l'étude

Les travaux ont été réalisés dans la ville de Save qui est située à 8° 01 '59" de latitude Nord et 2° 49' 01" de longitude Est, à une altitude qui varie entre 200 et 300 mètres (Figure 1). Le district de Save bénéficie d'un climat tropical de type soudanais marqué par une saison des pluies

et une saison sèche de 6 mois chacune. La pluviométrie moyenne est de 1 100 mm par an (Amadou, 2008). Les précipitations les plus importantes sont enregistrées de juin à septembre, avec 587 mm de pluie. La topographie est marquée par la présence de nombreux affleurements rocheux qui se présentent sous forme de dômes. La végétation est constituée de savane parsemée d'arbres et d'arbustes. La température moyenne à Save est de 32°C tout au long de l'année. Les terres se composent de sols ferrugineux tropicaux qui, en raison de l'exploitation humaine, cèdent par endroits la place à des sols latéritiques infertiles. On rencontre également des sols hydromorphes dans les bas-fonds et dans les vallées (Amadou, 2008). La commune de Save fait partie des communes de l'Agence Territoriale de Développement Agricole du Pôle 4 dont la filière principale est l'anacarde.



Méthodes

Cet essai a été mené dans un champ ouvert sur deux années consécutives (2019 et 2020). Les travaux de défrichage du sol et de semis ont été réalisés respectivement en mai et en juin de chaque année. Après avoir nettoyé la parcelle, les débris végétaux ont été brûlés hors du site, afin de prévenir la baisse de fertilité causée par la combustion de la matière organique et des micro-organismes présents dans le sol. Les enjeux étaient alors clairement définis. Les trous ont été creusés au mois de juin, au niveau où les piquets ont été placés, et mesurait 50 cm de profondeur et de diamètre. Au cours de ladite opération, la terre de surface et la terre profonde ont été entreposées de manière séparée. Les trous ont été remplis avec un mélange de terre végétale et de différents types d'engrais dans le tiers supérieur des trous deux semaines après leur réalisation afin de favoriser la décomposition et la minéralisation de la matière organique. La couche de sol profonde a servi à compléter le remplissage des trous avec la formation de dômes. Les trous présentant l'apparence d'une légère butée sont marqués par un piquet placé en leur centre. Les semis ont été plantés au centre des trous remplis, à l'emplacement des piquets, deux semaines après le remplissage. Pour ce faire, un trou a été recreusé au centre, à la taille du sac en polyéthylène, ensuite la base du sac qui contient la semence a été déchirée. Dans le but d'éviter de blesser les plantes, les trous n'étaient pas trop étroits, avec le souci de ne pas laisser de creux dans le collet afin d'éviter la stagnation de l'eau, ce qui peut occasionner la pourriture des racines. Les tuteurs ont été remis en place après le semis afin de mieux repérer les jeunes plants qui ont été mis en terres. L'entretien des anacardiens se résumait à un désherbage régulier et à un traitement phytosanitaire à base de Lambda-cyhalothryne et d'Acetamidpridto afin de lutter contre les ravageurs. Avant l'application des engrais (dix formes d'engrais solides), des échantillons de sol ont été prélevés en cinq points de la parcelle, en suivant les diagonales, à l'aide d'une tarière, à des profondeurs de 15 cm et 45 cm par point de prélèvement. Les différents échantillons ont ensuite été mélangés et la composition du sol en matière organique, azote (N), carbone organique (C), phosphore (P), calcium (Ca), magnésium (Mg), sodium (Na +) et potassium (K +) a été déterminée au laboratoire des sols de l'Université d'Abomey Calavi. Le tableau d'Igué et al. (2013), a été utilisée dans le but d'évaluer la teneur en minéraux du sol. En outre, les données pluviométriques ont été enregistrées chaque mois afin de déterminer la quantité d'eau qui est tombée sur toute la période d'étude.

Plan expérimental

Le plan expérimental consiste en un bloc complet aléatoire comportant trois séries. Les applications ont été faites sur des parcelles élémentaires de 10 plantes chacune. Au total, 110 plantes ont été utilisées par parcelle et 330 pour l'ensemble de l'essai. Les 11 applications ont été réalisées de la manière suivante :

T0 sans engrais chimique, ni fumier organique ("témoin") ;

- T1 : N1P1 ou N20P40 (fumier de base, dose unique) ;
- T2 : N2P2 ou N40P80 (fumier de base, double dose) ;
- T3 : F1 (fumier de poulet associé au fumier de base, dose unique) ;
- T4 : F2 (fumier de poulet associé au fumier de base, double dose) ;
- T5 : N1P1 + F1 ou N20P40 + F1 (engrais organo-minéral de base, dose unique) ;
- T6 : N2P2 + F2 ou N40P80 + F2 (engrais organo-minéral de base, double dose) ;
- T7 : N1P1K1 ou N20P40K36 (fumier de base à dose unique avec dose unique de K) ;
- T8 : N2P2K2 ou N40P80K72 (engrais de base à double dose avec double dose de K) ;
- T9 : N1P1K1 + F1 ou N20P40K36 + F1 (engrais organo-minéral de base à dose unique avec dose unique de K
- T10 : N2P2K2 + F2 ou N40P80K72 + F2 (double dose de fumier de base organo-minéral et de K).

Les doses d'engrais qui composent les applications sont les suivantes :

Doses de base appliquées pour chaque plante

- N1 : Azote 20 grammes de N (43,5 grammes d'urée à 46 %)
- P1 : Phosphore 40 grammes de P₂O₅ (182 grammes de PCaS à 22 %)
- K1 : Potassium 36 grammes de K₂O (60 grammes de KCl à 60 %)

- F1 : 20 grammes de N + 16 grammes de P₂O₅ + 20 grammes de K₂O (1 kg de fumier de poulet) (Chambre d'agriculture britannique, 2006).
- F2 : 2F1
- P2 : 2P1
- K2 : 2K1
- N2 : 2N1

Données collectées

Afin d'évaluer l'effet des engrais sur les paramètres de croissance des plants de cajou après le repiquage, le diamètre du collet des racines (DC) et la hauteur (H) des plants ont été mesurés sur une base mensuelle. Ces données ont permis de calculer les paramètres suivants : la vigueur (Vi) et la résistance (Ro) des plantes. Les formules utilisées à cette fin sont celles qui ont été élaborées par Deleuze et al. (2015), pour le calcul de la résistance tandis que pour le calcul de la vigueur des plantes, la formule d'Alexandre (1977) a été utilisée. La hauteur des plantes (H) est mesurée chaque mois à l'aide d'un mètre ruban, du collet de la racine au bourgeon apical. Le diamètre du collet des plantes est également mesuré chaque mois à l'aide d'un pied à coulisse.

Les formules utilisées sont les suivantes :

$$Ro = (\sqrt{CC})/H \quad \text{et} \quad Vi = H/DC$$

La vigueur (Vi) est considérée comme étant bonne lorsque le rapport H/DC est inférieur à 80. La plante la plus vigoureuse est celle dont la valeur du rapport (H/DC) est la plus faible. Les plantes les plus résistantes sont celles qui ont des valeurs de rusticité élevées.

On mesure la longueur et la largeur de cinq nouvelles feuilles par plante et par mois afin de déterminer la surface foliaire des jeunes plantes. Cinq nouvelles feuilles ont été sélectionnées de manière aléatoire sur chaque plante. La longueur (L) des feuilles correspond à la longueur du limbe qui suit la nervure principale (de la glande à la pointe). La détermination de la largeur (l) se fait sur la partie la plus large de la feuille et perpendiculairement à la nervure principale. La formule est la suivante : SFT = NF x SF selon Murthy et al. (1984) a été utilisé en vue de calculer la surface foliaire totale des plantes avec SFT = surface foliaire totale ; NF = nombre de feuilles ; et la surface foliaire d'une feuille est déterminée à l'aide de la relation suivante SF = 0,21 + 0,69 P avec P = L x l ; le nombre de plantes reprises / réussies en vue de calculer le taux de réussite / reprise en prenant le nombre de plantes réussies par rapport au nombre total de plantes semées.

En ce qui concerne les paramètres de croissance végétative, les données sont exprimées sous forme de taux de croissance calculés selon la formule suivante :

Taux de croissance sur la période i = avec xi correspondant à la mesure enregistrée à une période de collecte (chaque mois) et X0 la mesure initiale avant l'application d'engrais (les données de la première semaine représentent les données de référence X0).

Dans le but d'évaluer la précocité de la reprise et le développement des plantes, les données suivantes ont été collectées : le nombre de feuilles émises par mois par simple comptage ; le taux d'apparition des feuilles calculé comme étant le rapport entre le nombre total de feuilles et le nombre de mois ; le nombre de greffons viables en vue de déterminer le taux de viabilité (Tv) ou le taux de survie après la mise en terre de la plante. Le taux de réussite est le rapport entre le nombre de plantes réussies (vivantes) et le nombre total de plantes repiquées : Ts = (NPR = Nombre de plantes réussies et NTP = Nombre total de plantes repiquées dans le champ). La formule suivante est utilisée dans le calcul du taux de survie : (avec NPENF = le nombre de plantes ayant produit de nouvelles feuilles, NTPEV = le nombre total de plantes semées).

Analyse statistique

Les données collectées ont été enregistrées et codifiées à l'aide de la feuille de calcul Excel 2013. Le classeur a également été utilisé afin de générer des graphiques et les histogrammes. Les données recueillies et les paramètres mesurés ont été soumis à des analyses statistiques à l'aide du logiciel SPSS version 21 dans le but d'analyser la variance selon le modèle linéaire généralisé. Ainsi, l'ANOVA à mesures répétées a permis de comparer les moyennes des données recueillies à plusieurs dates. Par ailleurs, les coefficients de corrélation bivariée de Pearson et le Rho de Spearman ont permis de mettre en évidence les relations qui existaient entre les paramètres étudiés. Le seuil de pertinence pour tous les essais est de 5 %.

Résultats

Caractéristiques physico-chimiques des sols de la région de Savè

Les résultats obtenus à partir des analyses des échantillons de sol prélevés sont présentés dans le Tableau 1. L'acidité des sols de Savè augmente en fonction de la profondeur. De même, la composition de la matière organique et de l'azote total est plus importante à la surface (0-15 cm) à une profondeur de 45 cm. En outre, la teneur en argile est plus faible et la teneur en sable plus élevée. En revanche, il est limoneux à 45 cm de profondeur. Pour ce qui est des éléments minéraux, on constate que les sols de surface sont riches en phosphore, en calcium, en magnésium et en azote, tandis qu'à 45 cm de profondeur, le sol est plus riche en potassium. En définitive, l'analyse a révélé qu'à une profondeur de 45 cm, l'acidité est importante dans le sol de Save au même titre que les proportions d'argile et de limon. À 15 cm de profondeur, en revanche, les sols sont riches en calcium, magnésium, sodium, azote, potassium et carbone organique. Après comparaison avec la matrice de caractérisation d'Igué et al. (2015), on peut conclure que les sols de la municipalité de Save présentent de graves carences en carbone organique (C), en azote (N) et en phosphore (P), alors qu'ils sont riches en potassium (K), en particulier lorsqu'on passe de la surface aux horizons plus profonds.

Tableau Caractéristiques physico-chimiques des différentes couches de sol

Profondeur du sol	pH		Corg	Nt	A	L	S	P ass	K	Ca	Mg	Na
	H2O	KCl	%	%		%		Ppm	(meq/100g)			
0-15 cm	6,03	5,55	1,12	0,46	6,00	11,40	80,94	11,63	1,12	5,57	8,11	4,97
0-45 cm	5,97	5,39	0,92	0,45	6,80	13,80	79,26	10,74	2,48	3,90	6,90	4,71

Légende : pH : Potentiel d'hydrogène ; Corg : Carbone organique ; Nt : Azote total ; A : Argile ; L : Limon ; P ass : Phosphore assimilable ; K : Potassium ; Ca : Calcium ; Mg : Magnésium ; Na : Sodium ; H2O : eau ; KCl : Chlorure de sodium

Variations pluviométriques dans la ville de Savè.

La figure 2 ci-dessous est une illustration de l'évolution de la pluviométrie dans la commune de Save au cours de l'expérimentation, d'avril 2019 à juin 2021. La saison des pluies commence en avril et se termine en octobre, avec seulement quelques jours de pluie en novembre et/ou décembre. Les autres mois de l'année (novembre à mars) sont secs. Les pics des quantités d'eau tombées sont observés entre septembre-octobre en 2019 alors qu'ils se situent en juin pour l'année 2020. Ces variations observées d'une année à l'autre témoignent de l'évolution du climat de la zone Save.

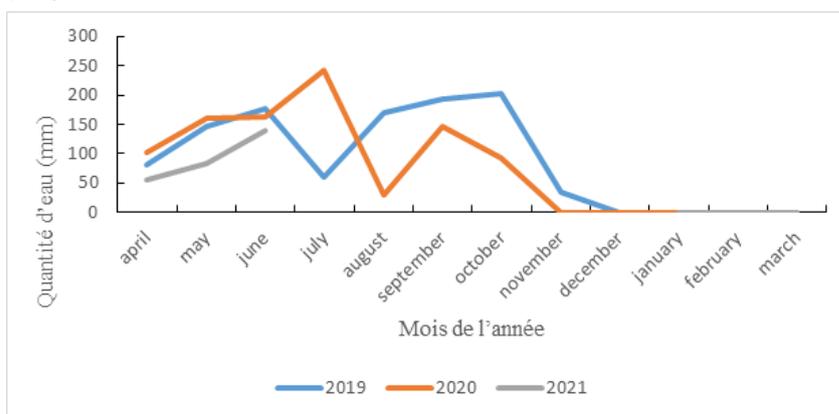
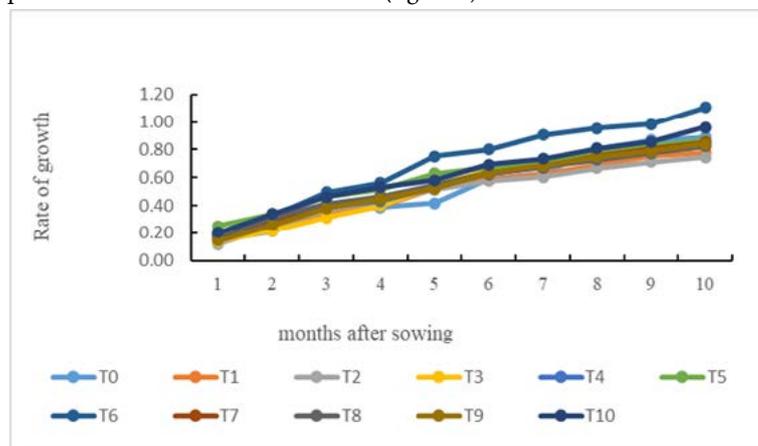


Figure 2 Évolution de la pluviométrie dans la commune de Save 2019-2021

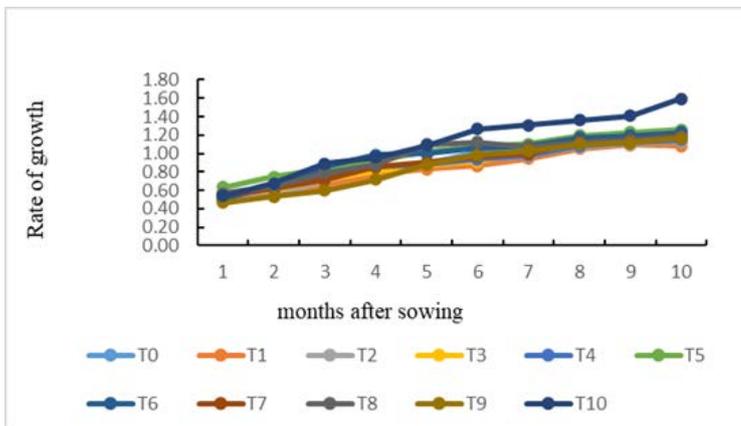
2.3. Variation dans le diamètre du collet et la hauteur des plants d'anacardiens greffés en fonction des formules d'engrais appliquées.

L'analyse de la variance a révélé que les différentes formules d'engrais ont amélioré de manière significative le diamètre et la hauteur des plantes ($P \leq 0,05$). Les meilleurs taux de croissance moyens du diamètre au collet des plantes ont été obtenus avec l'application de T6 (0,71), suivi de l'application de T10 (0,62). En revanche, les valeurs les plus faibles ont été obtenues avec les applications de T2 (0,5), T1 (0,51) et T0 (0,53). La figure 3 révèle que les meilleurs taux de croissance en hauteur des plantes ont été obtenus avec les applications de T10 (1,11 cm), T5 (1,00 cm) et T6 (0,97 cm), tandis que les taux les plus faibles ont été obtenus avec les applications de T1 et T0. En définitive, les formules d'engrais T10, T6 et T5 ont permis d'obtenir des plantes de plus grand diamètre et de plus grande taille. Les applications de T1, T2 et T0 ont généré des diamètres plus petits et des plantes de plus petite taille T6 est l'application qui a favorisé la meilleure croissance des tiges des plantes à partir du 4ème mois de mise en terre (figure 4).



Légende : T0 : témoin ; T1 = N20P40 ; T2 = N40P80 ; T3 = F1 ; T4 = F2 ; T5 = N20P40 + F1 ; T6 = N40P80 + F2 ; T7 : N20P40K36 ; T8 : N40P80K72 ; T9 : N20P40K36 + F1 et T10 : N40P80K72 + F2

Figure 3 Évolution du diamètre du collet des plantes au cours des 10 premiers mois après la mise en terre.



Légende : T0 : Témoin ; T1 = N20P40 ; T2 = N40P80 ; T3 = F1 ; T4 = F2 ; T5 = N20P40 + F1 ; T6 = N40P80 + F2 ; T7 : N20P40K36 ; T8 : N40P80K72 ; T9 : N20P40K36 + F1 et T10 : N40P80K72 + F2

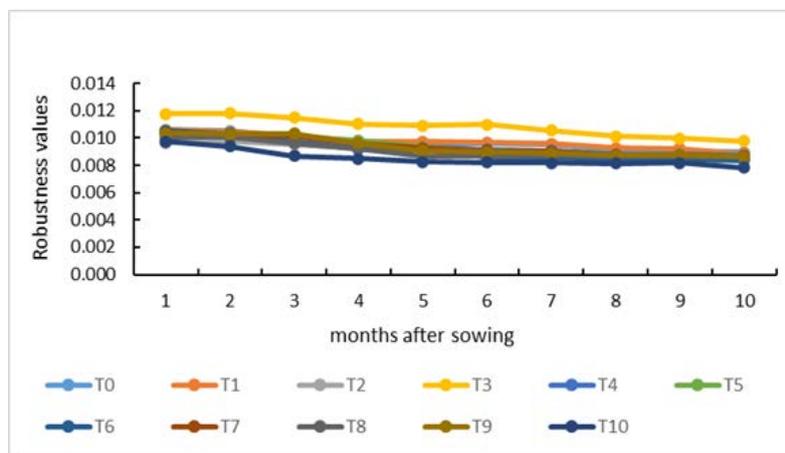
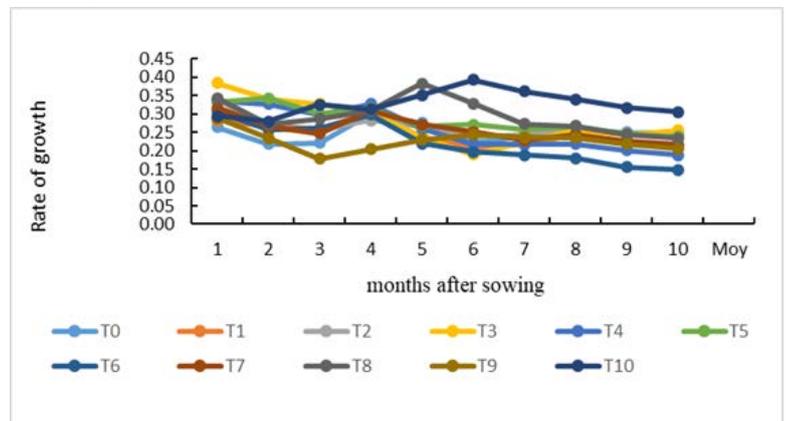
Figure 4 : Hauteur des plants d'anacardiens semés au champ selon les formules de fertilisation 10 mois après

Résistance et vigueur des jeunes anacardiens en fonction des formules d'engrais.

Il existe au moins une différence notable entre les diverses formules d'engrais appliquées, pour les variables de vigueur et de résistance ($P \leq 0,05$). Toutes les plantes utilisées dans le cadre de cette expérience sont résistantes (vigueur inférieure à 80). Trois à quatre mois après le repiquage des plantes dans le champ, la meilleure résistance a été obtenue avec l'application de T9, suivi par les applications de T0 et de T2, respectivement. Du 7ème au 10ème mois après la mise en terre des plants, l'application de T6 a présenté les plants les plus résistants ($V_i = 22$) par rapport aux applications de T10 et de T4 qui ont présenté les plants les moins résistants même si la valeur $V_i = 0,33$ est inférieure à 80 (Figure 5). Pour ce qui est de la résistance des plantes (figure 6), ce sont les applications de T3 (0,011), T0 (0,010) et T1 (0,010) qui ont permis d'obtenir les plantes les plus résistantes, contrairement à l'application de T10 (0,009).

Légende : T0 : témoin ; T1 = N20P40 ; T2 = N40P80 ; T3 = F1 ; T4 = F2 ; T5 = N20P40 + F1 ; T6 = N40P80 + F2 ; T7 : N20P40K36 ; T8 : N40P80K72 ; T9 : N20P40K36 + F1 et T10 : N40P80K72 + F2

Figure : Vigueur des plants d'anacardiens semés au champ selon les formules d'engrais testées.



Légende T0 : Témoin ; T1 = N20P40 ; T2 = N40P80 ; T3 = F1 ; T4 = F2 ; T5 = N20P40 + F1 ; T6 = N40P80 + F2 ; T7 : N20P40K36 ; T8 : N40P80K72 ; T9 : N20P40K36 + F1 et T10 : N40P80K72 + F2

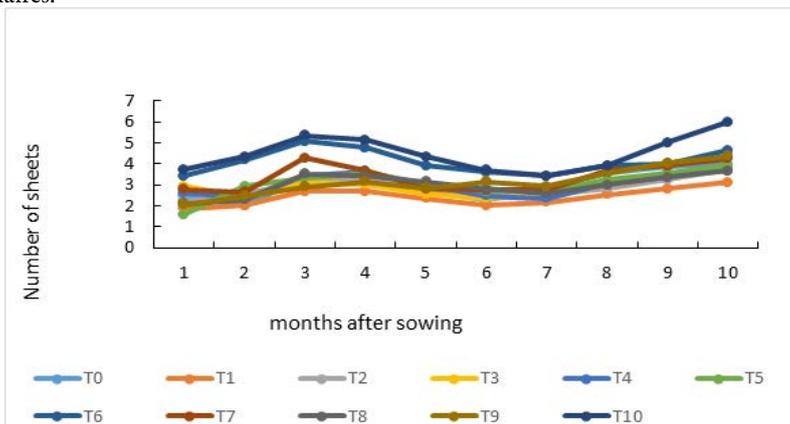
Figure 6 : Variation de la résistance des plants d'anacardiens semés au champ en fonction des formules d'engrais appliquées

Rythme d'apparition des feuilles et surface foliaire totale des plantes en fonction des différentes formules d'engrais

Au moins une différence notable ($P \leq 0,05$) existait entre les applications concernant les taux d'apparition des feuilles et les surfaces foliaires des anacardiens greffés à partir du deuxième mois de végétation. On note une différence très nette ($P \leq 0,001$) à partir du 4ème mois après la semence, pour la surface foliaire même si cette tendance a été observée dès le 3ème mois en ce qui concerne le taux d'apparition des feuilles. Le meilleur taux d'apparition des feuilles a été obtenu avec les applications de T10 et T6 (figure 7), tandis que le taux le plus faible a été obtenu avec les applications de T1 et T2. Les plantes des applications de T10 et de T6 ont produit en moyenne quatre feuilles par mois (figure 7).

La plus grande surface foliaire a été obtenue avec les plantes ayant reçu l'application de T10 (figure 8). Elles ont été suivies respectivement

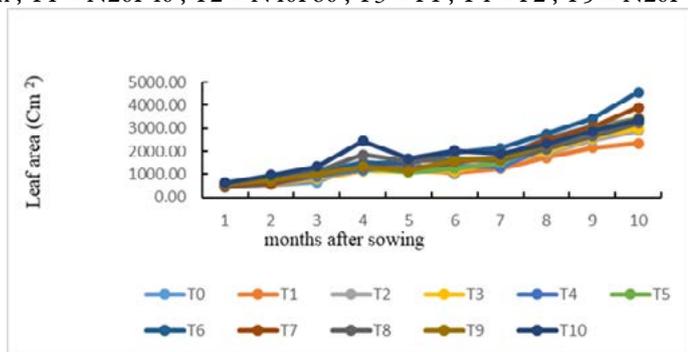
par celles qui ont reçu les applications de T8 et de T6. Après 7 mois de croissance, ce sont les plantes ayant reçu l'application de T6 (2 038,84 cm²) qui présentent les surfaces foliaires les plus importantes. Elles étaient suivies par celles qui ont reçu l'application de T10 (1 955,63 cm²). Cependant, les surfaces foliaires les plus petites ont été obtenues grâce aux applications de T3, de T0 et de T1. Il est à noter que les applications qui ont permis d'obtenir les meilleurs taux d'apparition des feuilles sont les mêmes que celles qui ont permis "obtenir les plus grandes surfaces foliaires.



Légende : T0 : témoin ; T1 = N20P40 ; T2 = N40P80 ; T3 = F1 ; T4 = F2 ; T5 = N20P40 + F1 ; T6 = N40P80 + F2 ; T7 : N20P40K36 ; T8 : N40P80K72 ; T9 : N20P40K36 + F1 et T10 : N40P80K72 + F2

Figure Variation de la vitesse d'apparition des feuilles des plants d'anacardiers semés au champ en fonction des formules d'engrais testées

Légende : T0 : Témoin ; T1 = N20P40 ; T2 = N40P80 ; T3 = F1 ; T4 = F2 ; T5 = N20P40 + F1 ; T6 = N40P80 + F2 ; T7 : N20P40K36

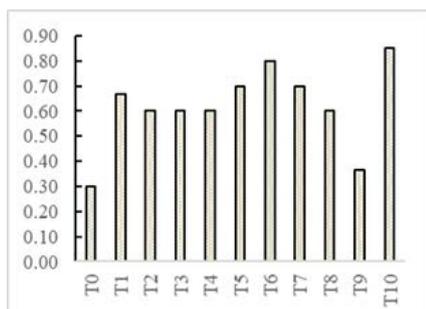


; T8 : N40P80K72 ; T9 : N20P40K36 + F1 et T10 : N40P80K72 + F2

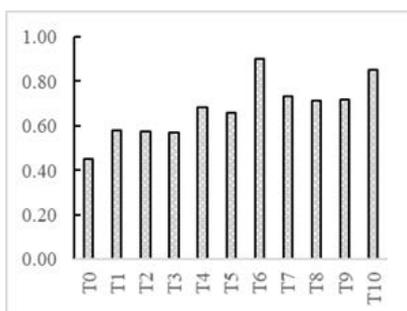
Figure : Variation de la surface foliaire des plants d'anacardiers semés au champ en fonction des formules "engrais testées.

Taux de réussite et de survie des plants d'anacardiers après avoir été semés en fonction des formules d'engrais.

L'analyse de la figure 9 a & b montre qu'il existe au moins une différence notable ($P \leq 0,05$) entre les différentes formules d'engrais testées sur la réussite et le taux de survie des plants d'anacardiers greffés après la mise en terre. Les meilleurs taux de réussite et de survie après le semis ont été obtenus respectivement avec les applications de T10 et T6, tandis que les taux de réussite et de survie après le semis les plus faibles ont été obtenus avec le témoin. Les applications de T10 et de T6 ont permis d'obtenir respectivement 85 % et 80 % de plantes vivantes après la période de sécheresse qui a suivi l'année de mise en terre des plantes. En ce qui concerne le taux de survie après la mise en terre, c'est plutôt l'application de T6 qui présente un meilleur taux de survie (90 %), suivi par l'application de T10 (85 %). Les taux de survie (45 %) et de réussite (30 %) les plus faibles ont été obtenus avec l'application témoin. De tout ce qui précède, il ressort que l'application de T6 a permis à la majorité des plantes de survivre après l'émission de nouvelles feuilles, contrairement aux autres applications.



(a) : Taux de réussite après la mise en terre



(b) Taux de survie après le semis (b)

Légende : T0 : Témoin ; T1 = N20P40 ; T2 = N40P80 ; T3 = F1 ; T4 = F2 ; T5 = N20P40 + F1 ; T6 = N40P80 + F2 ; T7 : N20P40K36 ; T8 : N40P80K72 ; T9 : N20P40K36 + F1 et T10 : N40P80K72 + F2

Figure 9 : Taux de réussite après semis (a) et de survie (b) des plants d'anacardiers greffés semés au champ selon les formules d'engrais testées (b)

Corrélations entre les paramètres de croissance étudiés.

L'analyse de corrélation a révélé l'existence d'une corrélation significative ($P \leq 0,05$) entre les paramètres étudiés. Il existe une forte corrélation positive entre le diamètre du collet et la hauteur de la plante ($r = 0,71$), la vigueur ($r = 0,51$) et la surface foliaire totale ($r = 0,78$) des anacardiés. Cela signifie que les plantes de grande taille et de grand diamètre ont une grande vigueur et de grandes surfaces foliaires. L'analyse de corrélation de Pearson a révélé que le taux d'émergence des feuilles est fortement et positivement associé à la surface foliaire totale ($r = 0,80$). Il existe également une corrélation positive entre la surface foliaire totale et les paramètres liés à la vitesse d'apparition des feuilles. Cela signifie que la surface foliaire totale des plantes évolue dans le même sens que ces paramètres. En conclusion, le taux de réussite après la mise en terre est positivement influencé ($r = 0,35$) par la vigueur des plantes. Il ressort de cette analyse de corrélation que les applications de T6 et de T10 ont engendré davantage de paramètres de croissance fortement et positivement liés les uns aux autres. Cela leur permet de se distinguer comme étant les meilleures applications qui permettent d'obtenir des plants d'anacardiés très résistants après le repiquage.

Discussion

La présente recherche a révélé que les formules d'engrais N40P80K72 combinées à 2 kg de fiente de volaille et N40P80 toujours combinées à 2 kg de fiente de volaille ont permis d'obtenir des plants d'anacardiés de plus grand diamètre et de plus grande taille après le repiquage. Les plantes ayant reçu le N20P40, et le N40P80 ou n'ayant pas été fertilisées ont présenté des diamètres plus petits et des hauteurs plus faibles. L'analyse de corrélation a révélé d'une part l'existence d'une forte corrélation positive entre les paramètres de croissance (diamètre et hauteur) et d'autre part l'existence d'une corrélation négative entre la hauteur de la plante et la vigueur. Par conséquent, les plantes de grande taille et de grand diamètre seront les plus volumineuses avec une valeur de vigueur élevée (H/CD). Cependant, l'application de T6, c'est-à-dire la formule d'engrais N40P80 + F2, a fait exception à cette règle en présentant des plantes vigoureuses malgré les grandes hauteurs présentées. Cette particularité s'explique par la constance ou la diminution de la valeur du rapport DC / H . Selon Leblanc (2016), une faible quantité de phosphore dans le sol entraîne une croissance des plantes beaucoup plus en diamètre qu'en hauteur. La formule d'engrais N40P80 qui combine une bonne proportion d'azote et de phosphore a favorisé la croissance apicale et cambiale, respectivement. La présente formule combinée à la fiente de volaille qui est également riche en éléments minéraux et qui possède une propriété d'amendement organique a permis de soutenir l'effet des engrais minéraux. La bonne vigueur ($V_i = 22 < 80$) observée chez les plantes traitées avec la formule d'engrais N40P80 + F2 peut s'expliquer par le fait que ces plantes ont développé un bon système racinaire qui favorise la mobilisation des éléments nutritifs puisés dans le sol. Ces résultats expliquent davantage l'effet des engrais appliqués. En effet, ces engrais permettent de mettre les quantités adéquates d'éléments nutritifs plus facilement à la disposition de la plante. Cela a favorisé leur croissance et leur développement, grâce à la formation et à la formation d'un bon système racinaire. Ces résultats corroborent ceux de Kambou et al. (2019), qui ont montré que les jeunes plantes et les plantes de grand diamètre ont un système racinaire bien développé qui leur permet de mobiliser les nutriments du sol. En effet, les quantités d'azote et de phosphore apportées ont comblé le déficit du stock d'éléments nutritifs précédemment disponibles dans le sol. Ainsi, on a atteint les quantités de nutriments dont les plantes ont besoin pour croître et se développer. Par ailleurs, l'association des engrais minéraux et organiques pourrait expliquer ces résultats obtenus car Akanza et Yao (2011) et Akanza (2015), ont prouvé que les combinaisons de fumure organique (fiente de volaille) et d'engrais minéraux (NPK + urée + dolomite) montrent leur efficacité sur la croissance, la production et les rendements de la variété de manioc. Les sols de la ville de Save où l'expérience a été réalisée présentent une forte carence en azote et en phosphore, notamment de la surface vers les couches souterraines, alors que ces sols ne présentent aucune limite en ce qui concerne le potassium. Ceci a été mis en évidence en raison de l'absence de différence entre les effets des formules contenant du potassium et ceux des formules d'engrais non potassiques. La présente étude a en effet indiqué l'effet bénéfique des engrais organiques appliqués en combinaison avec des engrais minéraux tels que le NP, notamment lorsque les quantités d'éléments associés sont dans des proportions adéquates. Les meilleurs taux d'apparition des feuilles et les plus grandes surfaces foliaires ont été obtenus à l'aide des formules d'engrais N40P80K72 associées à 2 kg de fiente de volaille et N40P80 associées à 2 kg de fiente de volaille, tandis que le taux le plus faible et la plus petite surface foliaire ont été obtenus à l'aide des formules d'engrais minéral N20P40, que sont le N40P80 et T0. Ces résultats expliquent une fois de plus que la combinaison d'engrais minéraux et organiques permet une bonne exploitation des nutriments du sol grâce à leur accessibilité rapide aux plantes et de manière durable. Par ailleurs, la corrélation positive entre le taux d'apparition des nouvelles feuilles, la surface foliaire totale et les paramètres de croissance (diamètre et hauteur du collet) peut expliquer les résultats obtenus avec la formule N40P80 + 2 kg de fiente de volaille. L'anacardier est un arbre dont le système racinaire se développe très rapidement avec une racine pivotante qui pousse en profondeur, dans des conditions favorables. Cela permet aux nouvelles pousses de bénéficier d'un apport important de sève pour leur développement, comme on peut l'observer à travers la formation de grandes surfaces foliaires dans les plantes de grand diamètre. On dit des plantes ayant une grande surface foliaire qu'elles ont une grande capacité à recevoir la lumière du soleil, ce qui est favorable à la forte activité photosynthétique nécessaire à une bonne croissance (Kambou, 2019). De tout ce qui précède, il ressort que les applications qui ont favorisé la croissance des plantes plus en hauteur et/ou en diamètre ont présenté les plantes les plus volumineuses plus ou moins vigoureuses. La formule d'engrais organo-minéral N40P80 combinée à un engrais organique (fiente de volaille) a produit des plantes vigoureuses avec de meilleurs paramètres de croissance. En revanche, celles qui limitent la croissance des plantes en diamètre et/ou en hauteur permettent aux plantes d'avoir une bonne vigueur et donc des plantes résistantes.

Les meilleurs taux de réussite et de survie après la mise en terre ont été obtenus avec les formules d'engrais N40P80K72 + F2 et N40P80 + F2, tandis que les taux les plus faibles ont été obtenus avec les plantes non traitées. Ces applications ont permis à la plupart des plantes survivantes de produire de nouvelles feuilles, contrairement aux autres applications, en particulier celles composées uniquement d'engrais minéraux. Ces dernières applications ont même entraîné une régression du taux de survie des plantes après l'émission de nouvelles feuilles. Ces résultats sont dus à la faible quantité de matière organique et, d'une manière générale, à la mauvaise fertilité du site expérimental. En effet, les sols de la zone expérimentale (municipalité de Save) présentent une forte insuffisance en matière organique (taux de matière organique $< 1\%$). La fiente de volaille, un engrais de bonne qualité (Hieronymus, 2001), a fourni de la matière organique qui est rapidement minéralisée (Chaballier et al., 2006). Cela a permis de rendre les éléments nutritifs des engrais minéraux facilement accessibles aux plantes, qui réussissent à les puiser facilement dans le sol. Cela explique le fait que la majorité (85 %) des plantes traitées avec cette formule d'engrais restent en vie.

CONCLUSION

Cette expérimentation réalisée sur dix mois, de 2019 à 2020, a permis de mettre en évidence une différence notable entre les effets des

formules d'engrais sur les paramètres étudiés (taux de survie, taux de réussite après semis, diamètre du collet, hauteur, taux d'apparition des feuilles, surface foliaire, vigueur et résistance). Les formules d'engrais organo-minéraux N40P80 + 2 kg de fiente de volaille et N40P80K72 + 2 kg de fiente de volaille ont produit les meilleurs résultats en termes d'effet sur la hauteur, le diamètre et la vigueur. Toutes ces formules ont permis à toutes les plantes de survivre après la formation de nouvelles feuilles. Par contre, pour les autres applications, un taux de survie plus faible a été observé après la formation de nouvelles feuilles. Pour réduire de manière significative le taux de mortalité des anacardiens greffés, en particulier au cours des premières années de mise en terre, nous suggérons aux producteurs de mettre en place un système de culture intensif basé sur l'utilisation de formules d'engrais organo-minéraux.

Références

- Adegbola IPY, Adekambi ISA, Ahouandjinou IMC. 2011. Analyse de la performance des chaînes de valeurs de la filière anacarde au Bénin. 79 p.
- Akanza KP. 2015. Effets des fumures sur la ferrallité, les composantes de rendement et diagnostic des carences du sol sous culture de manioc sur les ferralsols en Côte d'Ivoire. Science de la vie, de la terre et agronomie. Rev. CAMES NUM.01.2015*ISSN 2424-7235 p.
- Akanza KP, Yao-Kouamé A. 2011. Fertilisation organo-minérale du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) et diagnostic des carences du sol. Journal of Applied Biosciences 46: 3163-3172 p.
- Alexandre DY. 1977. Régénération naturelle d'un arbre caractéristique de la forêt équatoriale de Côte d'Ivoire : *Turraeanthus africana* Pellegr. Ecologia Plantarum. 12 (3), 241- 262 p.
- Chabalière P-F, Van de Kerchove V, Saint Macary H. 2006. Guide de la fertilisation organique à la Réunion. CIRAD, [Saint-Denis] (Réunion).
- Deleuze C, Meriem F, Renaud J-P, Vivien B, Rivoire M., Myriam L, Thierry C, Bruno M. 2015. Pas de vent, pas de bois. L'apport de la biomécanique des arbres pour comprendre la croissance puis la vulnérabilité aux vents forts des peuplements forestiers. Biologie et écologie, 213-236.
- Diulyale K, André SB, Yaya T, Tchoa K, Nakpalo S, Noémie R, Daouda K, Mongomaké K. 2019. Evaluation de la technique de surgreffage pour le renouvellement des vieillissants vergers d'anacardier [*Anacardium occidentale* (L.)] dans la région du Gontougo en Côte d'Ivoire. Eur. Sci. J. ESJ 15. <https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n6p304>
- DSA. 2017. Rapport de l'enquête d'estimation de rendement de l'anacarde au Bénin. MAEP, République du Bénin, 55 p.
- Dwomoh EA, Ackonor JB, Afun, JVK. 2008. Survey of insect species associated with cashew (*Anacardium occidentale* Linn.) and their distribution in Ghana. Afr. J. Agric. Res. 3 : 205 - 214.
- Hammed LA, Amnikwe JC, Adededi AR. 2008. Cashew nuts and production development in Nigeria. Am.-Eur. J. Scient. Res. 3 (1) : 54 - 61.
- Hieronymus Y. 2001. Emission d'effluents gazeux lors du compostage de substrats organiques en relation avec l'activité microbologique (nitrification/dénitrification)
- INRAB/CCA-CORAF. 2016. Rapport d'activités 2015 du projet « Renforcement des capacités des acteurs de la chaîne de valeurs anacarde en Afrique de l'Ouest ». INRAB/CRA-Centre, 30 p.
- Kodjo S, N'Djolosse K, Maliki R, Tandjiékpon MA. 2016. Improved Cashew Planting Material Production in Benin, A Case Study of New Grafting Process. Int. J. Environ. Eng. IJEE 3, pp 11-15.
- Issaka K. 2019. Production de noix de cajou au Bénin : état des lieux et perspectives pour 2019.
- Leblanc M. 2016. La prévention des carences en éléments mineurs et secondaires en sol organique
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Togo, Suède (Eds.), 1982. Le Recyclage des résidus agricoles organiques en Afrique : actes du Séminaire tenu à Lomé, du 24 au 28 novembre 1980, Bulletin pédologique de la F.A.O. F.A.O, Rome.
- Rondeux J. 1999. La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Les presses Agronomiques de Gembloux. Gembloux, Belgique, 521 p.
- Tandjiékpon AM. 2010. Analyse de la chaîne de valeur du secteur anacarde du Bénin. Rapport d'étude, Initiative du Cajou Africain (ICA/GIZ), Bénin. 62 p.



ÉTUDES SUR LA DURÉE DE CONSERVATION DE LA PULPE SÈCHE DE POMME DE CAJOU COMME INGRÉDIENT POUR L'ALIMENTATION DE LA VOLAILLE

K. Yisa¹, O. Longe² and A. Omoloye³

¹Centro da Promoção e Desenvolvimento da Avicultura Familiar (CEDAVES) Bissau, Guinée-Bissau; zakeimjoy@gmail.com

²Faculté des sciences animales Université d'Ibadan Nigéria; oglonge@yahoo.com; longeog@gmail.com

³Faculté de protection des cultures et de biologie environnementale Université d'Ibadan Nigéria; aoomoloye@gmail.com

* Correspondance : Iyabode K Yisa zakeimjoy@gmail.com ;

Résumé

L'utilisation de la Pulpe sèche de pomme de cajou (DCAP) dans l'alimentation de la volaille destinées à la commercialisation a motivé l'étude des conditions de stockage et des nuisibles y liés. Cette étude a permis d'évaluer la composition proximale, le niveau d'aflatoxine et les nuisibles de greniers du DCAP dans deux conteneurs de stockage différents (le sac en polyéthylène et les bacs en plastique) sur une année. Le plan d'expérience était entièrement aléatoire. Les données recueillies ont fait l'objet d'une analyse de régression et d'un test T. Les résultats ont montré que les teneurs en protéines brutes, en matières grasses, en fibres brutes, en cendres totales et en glucides ($12,60 \pm 5,14 \pm 0,23$, $9,17 \pm 0,23$, $5,88 \pm 0,46$ et $67,21 \pm 2,18$ respectivement) n'étaient pas sensiblement affectées à $P < 0,05$. La masse volumique apparente, la masse volumique apparente compacte, la gravité spécifique, le pH et la capacité de rétention d'eau de la DCAP broyé étaient respectivement de $0,64 \pm 0,01$, $0,77 \pm 0,01$, $0,64$, $4,25 \pm 0,02$ et $0,26 \pm 0,01$. Le niveau d'aflatoxine était non détectable (0ppb). Le principal insecte de stockage associé à la DCAP était le *Lasioderma serricome* (Coleoptera : Anobiidae). Le nombre d'insectes par kg de DCAP était de 34,45 et 241,75 pour les sacs en polyéthylène tissé et les bacs en plastique respectivement. L'étude a donc permis d'aboutir à la conclusion selon laquelle la DCAP peut être stocké dans le sac en polyéthylène tissé pendant une période d'un an sans que sa qualité s'en trouve affectée.

Mots-clés : Pulpe sèche de pomme de cajou, durée de conservation, composition proximale, *Lasioderma serricome* (Coleoptera : Anobiidae)

Introduction

Les produits dérivés des fruits et légumes ont été considérés comme des alternatives précieuses aux ingrédients conventionnels des aliments pour animaux. Toutefois, leur teneur élevée en humidité représente un obstacle à leur utilisation à long terme. Le séchage au soleil et l'ensilage sont des méthodes utilisées pour leur conservation (Ogunjobi et Ogunwolu, 2010 ; Dele et al., 2013). Le séchage au soleil est non seulement peu coûteux, mais il s'est avéré comme étant sans danger pour les fruits en raison de leur teneur élevée en sucre et en acide (Ahmed et al., 2013). Les défis liés au séchage au soleil concernent la main-d'œuvre, la contamination, les variations saisonnières et le facteur temps.

L'utilisation de la pulpe sèche de pomme de cajou (DCAP) dans l'industrie de l'alimentation de la volaille est une nouveauté qui n'a pas encore atteint le statut d'ingrédient alimentaire au niveau international. Il en est encore au stade expérimental. À ce stade, pour lui accorder une reconnaissance internationale comme ingrédient alimentaire, il importe d'étudier la durée de conservation du produit et la composition nutritionnelle dans le temps. L'impact de l'infestation par les insectes et l'identification de ces nuisibles avec les moyens de lutte possibles doivent être étudiés. Il est également nécessaire de confirmer la durée pendant laquelle la pulpe de pomme de cajou séchée au soleil peut être stockée et utilisée comme ingrédient alimentaire. Les paramètres liés à la durée de conservation peuvent inclure des paramètres physiques, chimiques, biologiques ou microbiologiques qui sont nécessaires afin de mesurer la stabilité d'un ingrédient alimentaire pendant le stockage (ICCF, 2018). Il existe peu d'informations relatives au produit stocké de DCAP. Cette expérience a donc été menée dans le but d'évaluer la composition proximale de la pulpe sèche de pomme de cajou, les insectes nuisibles associés à la DCAP stockée, l'effet de la méthode de stockage et son aptitude à être intégrée à l'alimentation pour volailles pendant et après une période de stockage d'un an.

Méthodologie

Cette étude a été réalisée à la Faculté des sciences animales de l'université d'Ibadan, à Ibadan, dans l'État d'Oyo, au Nigéria. Ibadan est situé à $7^{\circ}22'36,2496''N$, $3^{\circ}56'23,2296''E$ et 230m d'altitude. Les pommes de cajou ont été récoltées après l'enlèvement des noix dans les plantations d'Aremu, d'Iwo, dans l'État d'Osun, Nigeria. Les pommes de cajou ont été pressées pour en extraire le jus et le résidu a été séché au soleil jusqu'à l'obtention d'un taux d'humidité constant. La pulpe séchée a été soigneusement mélangée et répartie de manière aléatoire dans cinq seaux en plastique (Plaque 1) et cinq sacs en polypropylène (Plaque 2) selon un plan complètement aléatoire et stocké pendant 12 mois.



Plaque 1. Des seaux en plastique contenant de la pulpe de pomme de cajou sèche ont été utilisés dans le cadre de l'étude.



Plaque 2. Sacs en polypropylène contenant de la pulpe sèche de pomme de cajou utilisée dans le cadre de l'étude

L'analyse proximale a été réalisée sur une base trimestrielle et les nuisibles des greniers ont été identifiés à la Faculté de protection des cultures de l'université d'Ibadan. Le comptage des insectes a été effectué tous les six mois. Les lots de DCAP ont été placés sur une mousseline blanche et les comptages individuels ont été enregistrés. Les échantillons ont été placés au réfrigérateur pendant 3 à 5 minutes pour empêcher les insectes de voler. Le nombre d'insectes est exprimé en nombre par kilogramme et par échantillon. Il y avait 5 répliques par échantillon. Les données recueillies ont été soumises à une analyse de régression et à un test T à $P \leq 0,05$

Résultats

Dans la présente étude, la matière sèche (MS) observée dans la DCAP a permis de procéder à un stockage adéquat de l'ingrédient alimentaire sans présenter de détérioration significative des autres composants proximaux. Bien que la teneur en eau recommandée soit de 10 à 12 % pour le stockage des aliments pour animaux afin de prévenir la croissance fongique ; cependant, dans la présente étude, une moyenne de 14,27 % a permis un stockage adéquat de pommes de cajou sèches pendant un an. Cela est probablement dû à la teneur élevée en fibres de la pulpe sèche de pomme de cajou. La teneur en aflatoxines en est la preuve. La matière sèche moyenne rapportée pour le soja, la pulpe d'orange, le millet perlé, le marc de pomme et la balle d'amande est respectivement de 88, 89, 87, 89 et 87,7 %. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus pour la DCAP (85 – 86 % ; Tableau 1). Les aflatoxines n'étaient pas détectables (0ppb) dans les échantillons, ce qui indique que les aflatoxines se situaient à des niveaux de tolérance des ingrédients alimentaires standard (Becha et Devi). Cela pourrait être attribué à l'efficacité du séchage au soleil dans la préservation de la DCAP comme ingrédient alimentaire lorsque des normes adéquates sont respectées. On a observé une infestation par les insectes après trois mois de stockage (au cours du deuxième trimestre). Le principal insecte de stockage était le *Lasioderma serricornis* (Plaques 3, 4 et 5). Le nombre total d'insectes pour les conteneurs en plastique et les sacs en polyéthylène était respectivement de 242 et 35 insectes/kg (Figure 1).

Tableau 1 : Effet du conteneur de stockage et de la période de stockage sur la composition proximale de la DCAP

Mois/ paramètres (%)	Matière sèche		Protéines brutes		Graisse brute		Fibre brute		Cendre		NFE	
	PC	WPS	PC	WPS	PC	WPS	PC	WPS	PC	WPS	PC	WPS
Juin 2017	85,35	85,26	14,91	14,90	4,55	4,55	8,26	8,23	4,45	4,45	53,18	53,13
Septembre 2017	85,49	85,93	14,45	15,01	5,76	3,97	10,54	11,18	5,29	4,67	49,45	51,10
Décembre 2017	85,81	86,32	15,04	14,30	3,33	2,3	10,06	9,82	5,67	5,89	51,71	54,01
Mars 2018	85,73	85,80	14,77	14,74	4,78	3,59	13,36	10,16	8,89	7,16	43,93	50,15
Juin 2018	85,77	85,85	14,80	14,71	4,65	3,49	12,59	10,20	8,18	7,93	45,55	49,52
R ²	0,480	0,779	0,083	0,122	0,263	0,836	0,720	0,867	0,433	0,525	0,122	0,001
Valeur P	0,004	0,015	0,593	0,457	0,160	≤0,01	≤0,001	≤0,001	0,033	0,012	0,203	0,905

PC - Récipient en plastique, WPS - Sac en polypropylène tissé, R2 - Coefficient de détermination

Tableau 2 : Teneur totale en aflatoxines de la Pulpe sèche de pomme de cajou stockée dans des conteneurs en plastique et des sacs en polypropylène tissé

Type de stockage	OD(1/10ème)	Taux d'aflatoxine	Standard
Récipient en plastique	1,552	0ppb	20ppb
Sac en polypropylène tissé	1,568	0ppb	20ppb

OD - Densité optique



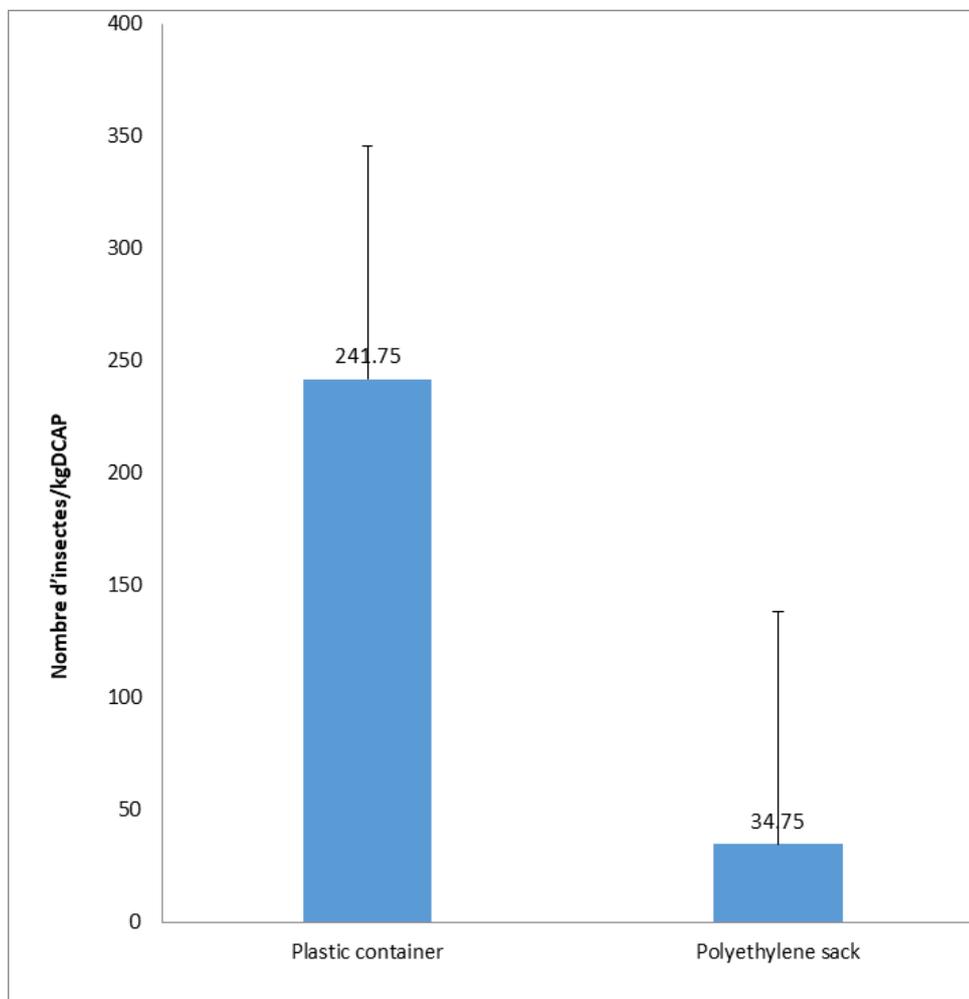


Figure 1. Nombre d'insectes présents dans les conteneurs en plastique et les sacs en polypropylène

Analyse proximale

Au début de l'expérience, la matière sèche était de 85,35 (PC) et 85,26 (WPS), à la fin de l'expérience, la matière sèche était de 85,77 (PC) et 85,55 (WPS). Les protéines brutes étaient de 14,91 (PC) et 14,90 (WPS) mais ont été réduites à 14,80 et 14,71 respectivement. La matière grasse brute était de 4,55 pour les deux types de stockage au début de l'expérience, mais de 4,65 (PC) et de 3,49 (WPS) à la fin. La fibre brute était de 8,26 (PC) et de 8,23 (WPS), et elle est passée à 12,59 et 10,28 pour le PC et le WPS respectivement. Les cendres étaient de 4,45 pour les deux matériaux de stockage au début, mais de 8,18 et 7,93 pour le PC et le WPS respectivement. L'ENF était de 53,18 et 53,13 au début et de 45,55 et 49,52 à la fin pour le PC et le WPS respectivement.

Le *Lasioderma serricornis* est communément appelé coléoptère des cigarettes ou coléoptère du tabac. Il appartient à la famille des Ptinidae et à l'ordre des coléoptères. C'est l'un des insectes nuisibles les plus répandus dans les produits stockés (RÉFÉRENCE). Après six mois de stockage, les sacs en polypropylène ne contenaient qu'environ 14 % des insectes présents dans le conteneur en plastique. Ce résultat corrobore celui de Mali et Satyavir (2005) qui soutiennent que les dégâts causés par les insectes sur le blé stocké dans des sacs en polypropylène étaient moins importants que dans les sacs en jute et les conteneurs en fer-blanc. Cela pourrait s'expliquer par la circulation de l'air dans les sacs plutôt que dans la poubelle, ce qui abaisse la température et favorise la prolifération des insectes.

Conclusion et recommandation

On a trouvé que le *Lasioderma serricornis* était le ravageur présent dans le stockage de la pulpe sèche de pomme de cajou. La pulpe sèche de pomme de cajou peut être stockée sur une période d'un an sans effet délétère si on réussit à lutter contre le *Lasioderma serricornis*. Les sacs en polypropylène sont plus efficaces que les conteneurs en plastique dans le cadre du stockage de la pulpe sèche de pommes de cajou. On recommande également de poursuivre les études sur la collecte, le traitement, le stockage et la conservation de la pulpe sèche de pomme de cajou.

Le séchage de la pomme de cajou pendant la récolte des noix de cajou pourrait augmenter les revenus tirés de la production de noix de cajou et fournir davantage d'opportunités d'emploi, ce qui contribue ainsi à l'amélioration de la chaîne de valeur de la noix de cajou.

Remerciements

Les auteurs remercient Alhaji S.A. Aremu d'avoir fourni la pomme de cajou et l'espace de séchage dans sa plantation.

Références

- Ahmed N., Singh J., Chauhan H., Anjum P.G.A. and Kour H. (2013). Different drying methods: Their applications and recent advances. *International Journal of Food Nutrition and safety*, 4, 34-42
- Becha B. B. and Devi S.S. (2013). Aflatoxin levels in feeds and feeds ingredients of livestock and poultry in Kerala.
- Bhat R., Alias A.K. and Paliyath G. (2012). Dehydration of fruits and vegetables in Tropical regions. In: *Progress in Food Preservation*. Eds. Rajeev Bhat, Abd Karim Alias and Gopinadhan Paliyath pp 194, <https://books.google.ng/books>
- Bhilave M.P. (2018). Study of shelf life of formulated fish feed. *International Journal of Aquatic Studies* 2018; 6(1): 174-176
- Dele P.A., Jolaoso A.O., Arigbede, O.M., Ojo V.O.A., Amole T.A., Okukenu O.A. and Akinyemi B.T. (2013). Chemical composition and In Vitro Gas production of silage from guinea grass, cassava peel and cashew apple waste at different periods of ensilage, *Pakistan Journal of Biological Sciences* 16: 1801-1805
- Figiel A. and Michalska A. (2017). Overall quality of fruits and vegetables products affected by the drying processes with the assistance of vacuum waves. *Int. J. Mol. Sci.* 2017, 18, 7
- Food Safety of Ireland (2017). Guidance note No. 18, Validation of product shelf-life (Revision 3). www.fsai.ie
- ICCF (2018). International Cooperation for Convergence of Technical Requirements for the Assessment of Feed Ingredients. ICCF Guidance #01 Stability testing of feed ingredients Revision 2
- Nghi N., Khang D.N. and Cai D.V. (1995). Study of processing and using cashew residues as animal feeds. A report in the project: "Improve the value of cashew apple" sponsored by CRDI
- Ogunjobi M.A.K. and Ogunwolu S.O. (2010). Development and Physicochemical Evaluation of Wine Produced from Cashew. *Journal of Food Technology* 8 (1) 18-23



EFFET DES TAILLES DE RABAISSEMENT DE COURONNE ET ORDINAIRE SUR LA PRODUCTIVITÉ DE L'ANACARDIER AU NORD ET AU CENTRE BÉNIN

M.J. Amanoudo¹, A. Wedjangnon I., J. Tokoré², K. N'Djolosse³, T. Houèchégnon¹, C. Ouinsavi¹

¹Laboratoire d'Etudes et de Recherches Forestières (LERF/ Université de Parakou Bénin)

²Laboratoire de Phytotechnie d'Amélioration et de Protection des Plantes (LaPAPP/ Université de Parakou Bénin)

³Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB/ Centre Régionale Agricole du Centre (CRA-centre) Bénin)

*Auteur correspondant : amajuste@gmail.com

Résumé

Objectifs : Le gap de rendement dans la culture de l'anacarde est dû en partie aux pratiques de taille. La présente étude vise à évaluer l'effet de la taille de rabaissement de couronne et celle de gestion ordinaire sur la productivité de l'anacardier au Bénin.

Méthodologie et résultats : Huit unités expérimentales ont été installées en 2019 à Glazoué, Ouèssè, N'Dali et Nikki. Les unités étaient des sites de trois parcelles élémentaires. La collecte de données de production et de qualité a été réalisée de 2019-2022. Des analyses de variance ANOVA à un facteur (type de traitement) ont été faites pour vérifier si le rendement moyen, le grainage et le rendement en amandes utiles (KOR) de l'anacardier étaient significativement différents entre les deux tailles. Ensuite, des analyses ANOVA à deux puis trois facteurs ont été faites pour apprécier les effets combinés des différents facteurs sur chacune des variables réponses. Les opérations de gestion ordinaires ont augmenté significativement le rendement au cours des trois premières années. Cependant, la qualité a été meilleure au niveau de la taille de rabaissement.

Conclusions et application des résultats : Soixante-seize virgule trois (76,3) pourcent de la variation du rendement pourrait être attribuée à l'effet combiné de la taille et de la zone (la commune) puis 43,4% à l'effet combiné de la taille et du temps (l'année post opération). La taille de rabaissement de couronne améliore la qualité des noix d'anacarde et le rendement. Toutefois, le niveau drastique de la taille ne permet pas d'avoir de meilleurs rendements les premières années. Ainsi, il est préférable de la pratiquer sur des sujets très peu productifs ou ceux dont les branches basses ont été drastiquement supprimer. La taille ordinaire n'en demeure pas moins bonne, seulement qu'il faille veiller à ne pas détruire les branches basses et à promouvoir une architecture de l'arbre en forme de parapluie.

Mots clés : Investissement ; Elagage ; Productivité ; Comparaison

Abstract

Objectives: The yield gap in cashew cultivation is partly due to pruning practices. The present study aims to evaluate the effect of crown reduction pruning and ordinary management pruning on cashew productivity in Benin.

Methodology and results: Eight experimental units were set up in 2019 in Glazoué, Ouèssè, N'Dali and Nikki. The units were sites of three elementary plots. Production and quality data were collected from 2019-2022. One-factor ANOVA analyses of variance (treatment type) were performed to test whether average yield, seediness, and useful kernel yield (KOR) of cashew were significantly different between the two sizes. Next, two- and then three-factor ANOVA analyses were performed to assess the combined effects of the different factors on each of the response variables. Ordinary management operations significantly increased yield in the first three years. However, quality was better in terms of shrinkage size.

Conclusions and application of results: Seventy-six-point three (76.3) percent of the variation in yield could be attributed to the combined effect of size and zone (commune), and 43.4% to the combined effect of size and time (post-operation year). Crown reduction pruning improves cashew nut quality and yield. However, the drastic level of pruning does not lead to higher yields in the first few years. It is therefore preferable to carry out pruning on very low-yielding trees, or those whose lower branches have been drastically removed. Ordinary pruning is no less good, but care must be taken not to destroy low branches and to promote an umbrella-shaped tree architecture.

Key words: Investment; Pruning; Productivity; Comparison.

Introduction

L'anacardier est une espèce ligneuse tropicale au potentiel socio-économique important (Tandjiékpon, 2005). Entre 2011 et 2018, la production en noix brute est passée de 1 million de tonnes à 1,8 million de tonnes en Afrique avec une croissance annuelle de 5,8 % dont la moitié est produite par la Côte d'Ivoire (Hien, 2019). L'anacarde est une importante culture d'exportation pour le continent africain avec plus de 55% de la production mondiale de noix cajou (N'djolosse et al., 2020). Elle occupe une place importante dans l'économie Béninoise. Elle permet de résoudre trois importants problèmes de développement (l'économie, le social et l'environnement) dans le monde en général et au Bénin en particulier (MAEP, 2003).

Plusieurs actions sont orientées vers l'augmentation des superficies des plantations d'anacardières. Ainsi, les superficies emblavées augmentent d'années en années. Elles ont été estimées en 2015 à 285 567,7 ha (Adégbola & Crinot, 2016 ; BéninCajù, 2020) puis à 346 155 ha en 2021 (DSA, 2022). Malgré cela, la productivité des vergers reste encore très faible, de l'ordre de 350-400 kg/ha (Ricaú, 2013 ; BéninCajù, 2020). Pour améliorer ce rendement il faut réhabiliter les anciennes plantations pour augmenter la production des noix brutes de cajou.

Différents types de taille d'arbres sont pratiqués dans un processus d'augmentation de la production. Il s'agit de la taille des extrémités, de formation, la taille sévère, la taille annuelle de renouvellement et la taille des racines (Persello, 2018). Cependant, la technique de taille des arbres dépend de l'objectif visé par le planteur. L'intensité de la taille et le temps varient selon les régions agro-climatiques spécifiques (Nayak et al., 2019). Les méthodes utilisées sur l'anacardier sont la taille d'élagage et d'éclaircissage (Ouattara et al., 2012). La méthode actuelle d'élagage (taille de gestion ordinaire) dans les plantations donne des résultats très encourageants (Amanoudo et al., 2019 ; Bhat, et al., 2020). Néanmoins, il s'observe la mise en œuvre de cette pratique de façon drastique. En effet, les branches basses sont systématiquement coupées jusqu'à une hauteur de trois à cinq mètres. Malheureusement, les branches basses sont celles-là à même de produire les deux tiers des fruits des arbres. Il serait donc judicieux de préserver les branches basses pour s'assurer d'une meilleure production. Cette étude vise donc à comparer l'effet de la taille de rabaissement et de la taille de gestion ordinaire sur la productivité de l'anacardier au Bénin.

I. Matériel et Méthode

I.1. Matériel

Le matériel végétal étudié est l'anacardier : *Anacardium occidentale*.

L'étude a été conduite dans quatre (04) communes des zones de bonne production d'anacarde au Bénin. Il s'agit des communes de Ouèssè et Glazoué dans les collines puis N'Dali et Nikki dans le Borgou.

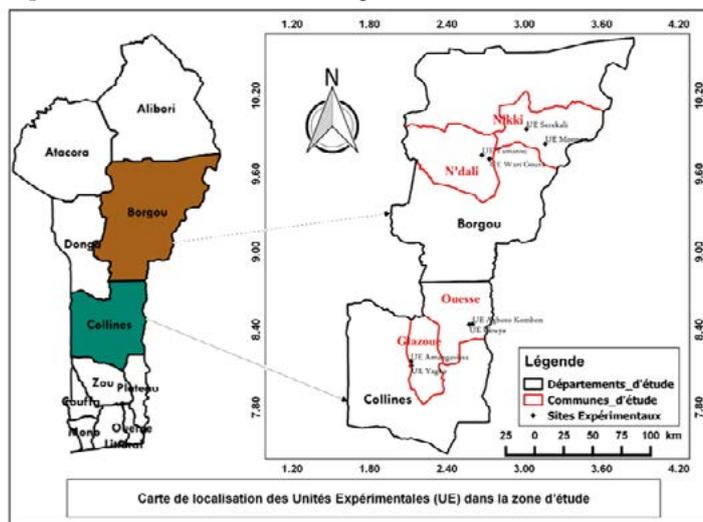


Figure 1: Localisation de la zone d'étude et des Unités expérimentales

I.2. Méthode

I.2.1. Présentation des unités expérimentales

Les unités expérimentales ont été installées dans des plantations appartenant aux producteurs d'anacarde identifiés après sensibilisation sur les critères suivants :

- Plantation d'au moins 1 ha en bloc dont l'âge est compris entre 11 et 20 ans ;
- Plantation peu productive, soit moins de 200 kg/ha ;
- Plantation dont les arbres produisent des noix de petite taille ;
- Producteurs acceptant l'innovation et susceptible d'accompagner la collecte de données ;

Tableau 1: Données sur les unités expérimentales

Zone Agro-écologique	Commune	Village	Superficie UE (ha)	Age d'installation	Réalisation de taille		
					PT	TO	TR
III	Nikki	Monnon	0,375	12	No	Yes	Yes
		Sérékali	0,375	13	No	Yes	Yes
	N'Dali	Tamarou	0,375	14	No	Yes	Yes
		Wari-Goura	0,375	13	No	Yes	Yes
V	Ouèssè	Agboro-Kombon	0,375	14	No	Yes	Yes
		Idouya	0,375	15	No	Yes	Yes
	Glazoué	Amangavissa	0,375	12	No	Yes	Yes
		Yagbo	0,375	13	No	Yes	Yes
			0,375	13,25	No	Yes	Yes

UE : Unité Expérimentale ; TR : Taille de Rabaissement ; TO : Taille Ordinaire ; PT : Parcelle Témoin

1.2.2. Dispositif expérimental

L'expérimentation a été conduite sur trois années consécutives. Huit (08) unités expérimentales ont été installées en 2019 dans la zone d'étude. Un Bloc Aléatoire Complet (BAC) à quatre (04) répétitions a été installé, les communes étant les répétitions. Chaque répétition comportait un site de trois parcelles élémentaires de 1/8ème d'hectare chacun contenant douze (12) arbres taillés (PD & PE). Cette densité a été obtenue par suite des opérations d'éclaircissage pour être en conformité avec les recommandations de l'Institut National de Recherche Agricole du Bénin.



Figure 2: Taille de rabaissement (semi-drastique) réalisée dans une plantation d'anacardier à Sérékali en 2019



Figure 3: Protection des plantes contre les insectes et maladies

Au Bénin, selon le support de vulgarisation et d'appui conseil (iCA, 2010), la taille d'entretien des plantations d'anacardier consiste à élaguer les branches encombrantes : (i) Mortes ou desséchées ; (ii) Infestées ; (iii) Trop basses et gênantes le passage ou le ramassage des noix. Les branches basses situées en-dessous de 1,5 m du sol sont coupées et sorties de la plantation. Cette pratique a constitué dans cette étude la taille de gestion ordinaire.

La taille de rabaissement de couronne consiste à couper les branches verticales et les extrémités des branches latérales en vue de réduire la hauteur de l'anacardier et lui donner une forme de « parapluie » (BAI PRO-Cashew, 2022). Il existe trois types de taille : légère, semi-drastique et drastique. Dans le cas de cette étude, la taille semi-drastique a été utilisée (Figure 2).

Après les différentes Opérations sur les unités expérimentales, une pulvérisation phytosanitaire a été faite à base de Mancozèbe et d'Acétamipride + Lambda-Cyhalothrine sur les arbres (Figure 3).

1.2.3. Données agronomiques

Les données ont été collectées aussi bien sur la croissance végétative que sur la production des arbres au niveau des différentes unités expérimentales de 2019 à 2022. Il s'agit du nombre de branches primaires, secondaires et le volume de l'arbre pour mesurer la croissance végétative puis la précocité de production, la qualité et la quantité de noix par arbre pour le développement de l'arbre. Les données ont été collectées aussi sur l'historique des plantations et les pratiques mises en œuvre. Les données de production ont été collectées au niveau de trois arbres sélectionnés sur la diagonale (DSA, 2016) dans chaque parcelle élémentaire. La production fruitière de chaque arbre a été mesurée en pesant, à l'aide d'une balance électronique, le poids des noix de façon hebdomadaire puis stockés dans des sacs de jutes. Un test de qualité a été réalisé au cours des mois de février, mars et avril sur les noix stockées. Au niveau des échantillons de noix de chaque parcelle élémentaire, un sous-échantillon d'un (01) Kg de noix brute de cajou a été prélevé et le nombre de noix par kg a été compté (Grainage). Le rendement en amandes utiles (KOR) quant à lui est déterminé à partir d'un échantillon de 1Kg de noix brute de cajou en utilisant un Kit approprié.

1.2.4. Analyses statistiques

Les données collectées ont été soumises à des analyses de variance ANOVA à un facteur (type de taille) pour vérifier si le rendement moyen, le grainage et le KOR de l'anacardier étaient significativement différents entre les différents types de taille appliqués. Ensuite, des analyses ANOVA à deux puis à trois facteurs ont été conduites pour analyser les effets combinés des différents facteurs (type de taille, département, commune, et temps) sur chacune des variables-réponses (rendement moyen, grainage et KOR). L'hypothèse de normalité des données a été vérifiée à l'aide du test de normalité de Shapiro-Wilk mené sur les résidus du modèle linéaire et l'hypothèse d'homogénéité des variances a été vérifiée à l'aide du test de Levene. Les comparaisons par paires des moyennes ont été faites avec le test post-hoc de Tukey.

2. Résultats

2.1. Effet des différents types de taille sur le rendement de l'anacardier

Le rendement moyen de l'anacardier était significativement différent entre les différents types de taille, $F(2, 66) = 16,60$, $p = 1,45e-6$, avec un eta-carré généralisé égale à 0,335 (Figure 4). Ce résultat indique que 33,50% de la variation du rendement entre les différentes parcelles pourraient être attribué au type de taille pratiqué. En effet, le rendement moyen de l'anacardier a globalement augmenté au niveau de la taille ordinaire ($6,12 \pm 2,44$ kg) par rapport au témoin ($4,46 \pm 1,08$ kg) mais a diminué au niveau de la taille de rabaissement ($2,93 \pm 1,89$ kg). L'analyse de comparaison par paires a révélé que l'augmentation du rendement du témoin à la taille ordinaire était statistiquement significative au seuil de 5% ($1,66$; IC à 95% = $0,287$ à $3,03$; $p = 0,0139$) de même que la diminution du rendement du témoin à la taille de rabaissement ($-1,53$; IC à 95% = $-2,90$ à $-0,153$; $p = 0,0258$). En revanche la diminution du rendement de la taille ordinaire à la taille de rabaissement était très hautement significative ($-3,19$; IC à 95% = $-4,51$ à $-1,86$; $p = 7,13e-7$).

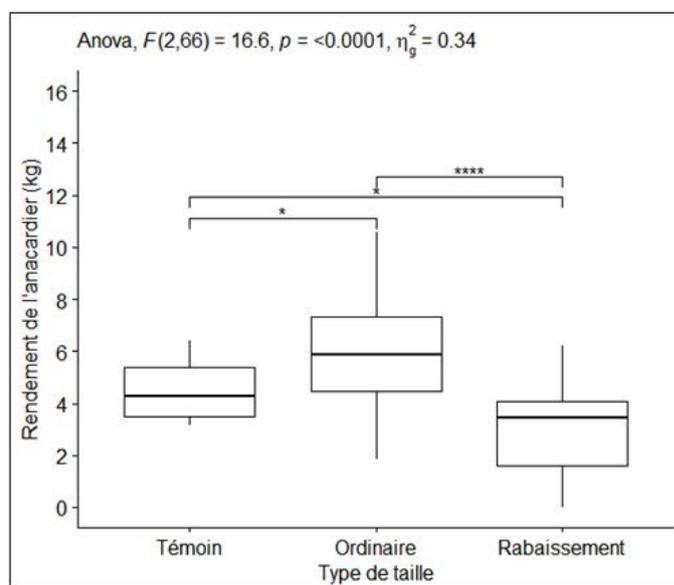


Figure 4: Comparaison du rendement moyen global de l'anacardier entre les types de taille

Les analyses de variances de type III n'ont révélé aucune interaction à trois facteurs statistiquement significatifs. Cependant, il y avait des interactions à deux facteurs statistiquement significatifs entre la commune et l'année et le facteur principal qui est le type de taille sur le rendement de l'anacardier. Ainsi, la combinaison du type de taille et la commune a montré un effet hautement significatif sur le rendement moyen de l'anacardier, $F(6, 33) = 13,22$, $p < 0,0001$ avec un eta-carré généralisé égale à 0,763 ; indiquant que 76,3% de la variation du rendement pourrait être attribué à l'effet combiné de la taille et la commune. Il y avait aussi une interaction statistiquement significative entre le type de taille et l'année, $F(4, 33) = 6,31$, $p < 0,0001$ avec un eta-carré généralisé égale à 0,434 ; indiquant que 43,4% de la variation du rendement pourrait être attribué à l'effet combiné de la taille et l'année.

Des analyses de comparaison par paires ont été effectuées par commune pour vérifier l'effet du type de traitement à chaque année (Figure 5, Tableau 2). Les résultats ont révélé que dans la commune de Glazoué la pratique de la taille ordinaire n'a pas augmenté de façon significative le rendement de l'anacardier par rapport à la parcelle témoin. En revanche, le passage du témoin à la taille de rabaissement a significativement diminué le rendement au cours de la première année ($p = 0,0001$). De plus, la pratique de la taille de rabaissement dans cette Commune a très significativement diminué le rendement comparativement à la taille ordinaire ($p < 0,000$). Dans la commune de N'Dali, le passage du témoin à la taille ordinaire a augmenté très significativement le rendement de l'anacardier durant les trois années de collecte ($p < 0,0001$), tandis que le passage du témoin à la taille de rabaissement n'avait pas eu un effet statistiquement significatif. Dans la commune de Nikki, les pratiques de taille dans les plantations n'ont eu aucun effet statistiquement significatif sur le rendement de l'anacardier par rapport à la parcelle témoin. Dans la commune de Ouèssè, le passage du témoin à la taille de rabaissement a diminué le rendement dans la première année ($p = 0,0046$). Cette diminution de rendement était aussi statistiquement significative lorsqu'on passe de la taille ordinaire à la taille de rabaissement ($p = 0,0033$).

Tableau 2: Comparaison par paires de l'effet des tailles sur le rendement de l'anacardier par commune et année.

Commune	Année	Group1	Group2	p.adj	p.adj.signif
Glazoué	Année1	Témoin	Taille de rabaissement	0,0001	**
Glazoué	Année1	Taille ordinaire	Taille de rabaissement	<0,000	****
N'Dali	Année1	Témoin	Taille ordinaire	0,0067	****
N'Dali	Année1	Taille ordinaire	Taille de rabaissement	<0,000	****
N'Dali	Année2	Témoin	Taille ordinaire	0,0001	****
N'Dali	Année2	Taille ordinaire	Taille de rabaissement	<0,000	***
N'Dali	Année3	Témoin	Taille ordinaire	0,0001	****
N'Dali	Année3	Taille ordinaire	Taille de rabaissement	<0,000	***
Ouèssè	Année1	Témoin	Taille de rabaissement	0,0046	**
Ouèssè	Année1	Taille ordinaire	Taille de rabaissement	0,0033	***

Seules les variations de rendement statistiquement significatives sont présentées dans le tableau.

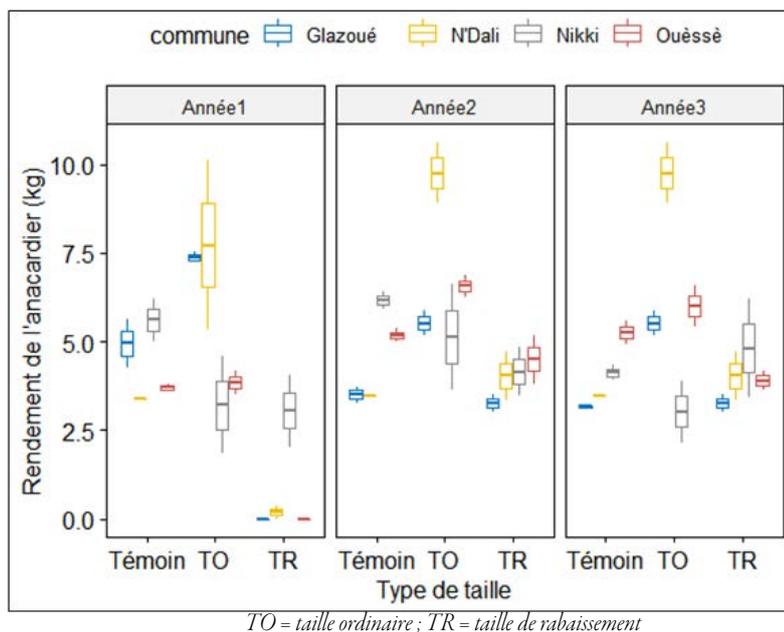


Figure 5: Rendement moyen de l'anacardier par année selon le type de taille et la commune

2.2. Effet des différents types de taille sur la qualité des noix brutes de cajou

• Effet sur le grainage

Le nombre moyen de grains par kilogramme était significativement différent entre les différents types de traitement, $F(2, 55) = 15,78$, $p < 0,0001$, avec un eta-carré généralisé égale à 0,365 (Figure 6) ; indiquant que 36,5% de la variation du grainage entre les différentes parcelles pourraient être attribué au type de taille pratiqué. Le nombre de graine par kilogramme a globalement diminué de la parcelle témoin (184 ± 10) à la taille ordinaire (172 ± 10) et à la taille de rabaissement (166 ± 7) ; indiquant que les graines produites par les arbres témoins étaient moins grosses que celles des arbres traités par taille de rabaissement et taille ordinaire. Cette variation du nombre moyen de grains par kilogramme était aussi statistiquement significative d'une année à l'autre $F(2, 55) = 3,72$, $p = 0,03$.

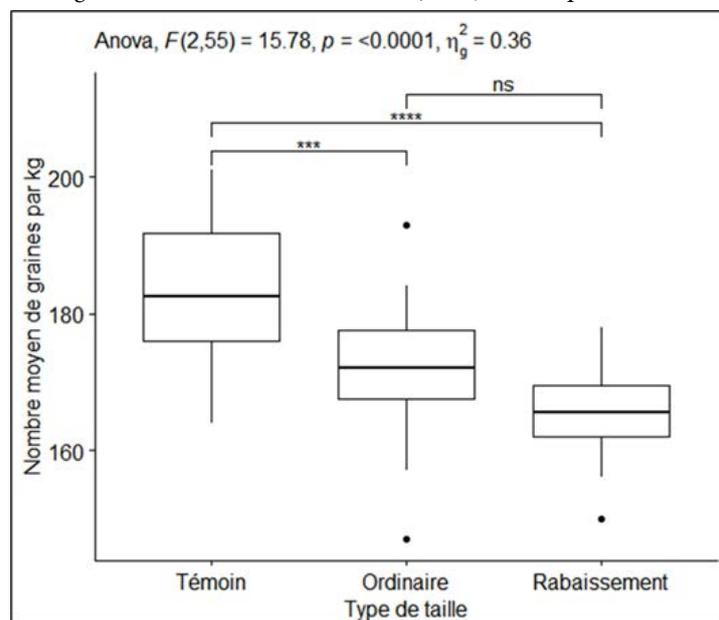


Figure 6: Variation du grainage de l'anacardier selon le type de taille

• Kernel Output Ratio (KOR)

Le KOR était significativement différent entre les différents types de traitement, $F(2, 55) = 8,09$, $p = 0,00084$, avec un eta-carré généralisé égale à 0,23 (Figure 7) ; indiquant que 23% de la variation du KOR entre les différentes parcelles pourraient être attribué au type de taille pratiqué.

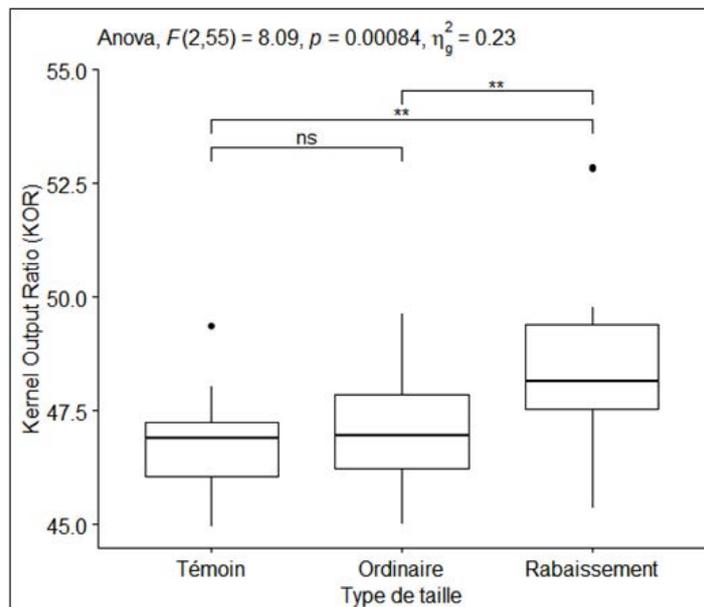


Figure 7: Variation du KOR de l'anacardier selon le type de taille

Le KOR a globalement augmenté de la parcelle témoin ($46,9 \pm 1,33$) à la taille ordinaire ($47,1 \pm 1,25$) et à la taille de rabaissement ($48,8 \pm 2,03$) ; indiquant que les graines produites par les arbres témoins étaient de moindre qualité par rapport à celles des arbres traités par taille de rabaissement et taille ordinaire.

3. Discussion

3.1. Effet de la taille sur le rendement de l'anacardier

Les anacardiers étudiés ont réagi différemment aux traitements appliqués. De façon globale, l'augmentation du rendement de la parcelle témoin à la taille ordinaire a été très significative. En revanche, elle n'a pas été significative en passant de la parcelle témoin à la taille de rabaissement. Ces résultats s'expliquent par le fait qu'en première année après la taille, le rendement a été pratiquement nul au niveau de la taille de rabaissement. Ce n'est qu'en deuxième année que la production fruitière s'est améliorée et de façon progressive. En effet, l'intensité de taille a un effet significatif et négatif sur la probabilité de floraison (Hafle et al., 2009 ; Bussi et al., 2005 ; de Souza et al., 2014 ; Cambreling, 2020, Stahl, 2017). La taille augmente la croissance végétative au cours de l'année n (effet immédiat de la taille) au détriment de la floraison. Cela confirme le fait que le rendement obtenu au niveau de la taille ordinaire soit supérieur à celle obtenu au niveau de la taille de rabaissement. En ce qui concerne la différence de rendement entre la parcelle témoin et la taille ordinaire, l'élagage ordinaire a permis de développer la structure de l'arbre, d'améliorer la pénétration de la lumière, d'éliminer le bois mort et pourri et réguler la récolte (Southwick et al., 1994). La taille a des effets bénéfiques sur le rendement de l'anacardier à court, moyen et long terme compte tenu de son intensité.

3.2. Effet de la taille sur la qualité des noix d'anacarde

Il ressort de l'étude que la taille de rabaissement produit des noix de meilleures qualités (KOR et grainage) que les autres parcelles. La différence est statistiquement significative entre les parcelles taillées et la parcelle témoin. Ce résultat corrobore celui de plusieurs auteurs qui soutiennent que la production des arbres taillés quoique réduite les premières années est précoce et de meilleure qualité (Hodgson, 1949 ; Hafle et al., 2009 ; de Souza et al., 2014). Selon Southwick et al. (1994), un élagage régulier permet d'améliorer la taille des fruits. La meilleure qualité du fruit provoquée par la taille légère ou semi-drastringe pourrait s'expliquer par l'amélioration de la croissance végétative susceptible d'augmenter la disponibilité en assimilats pour la croissance du fruit (Bussi et al., 2005 ; Asrey et al., 2012). Cela peut être aussi dû à un meilleur microclimat et des taux de photosynthèse plus élevés (Shaban, 2009). Selon Mendonça (2005), les plantes qui ont subi une taille plus sévère ont produit des fruits de plus grande taille et de plus grands poids.

Cette étude permet de mettre en évidence l'utilité des tailles dans les vergers d'anacardiers pour l'amélioration de la productivité. Toutefois, une taille semi-drastringe empêche la récolte en première année, mais reprends déjà en deuxième année sans pour autant atteindre le rendement des arbres taillés ordinairement au cours des trois premières années. Une taille légère annuelle donne généralement une meilleure production de fruits qu'une taille plus sévère effectuée moins régulièrement (Menzela & Le Lagadec, 2017). Ainsi, la taille de rabaissement serait indiquée dans des plantations d'anacardiers peu productives, vieillissantes ou encore exagérément taillée.

Conclusion

Les pratiques de taille des vergers d'anacardiers constituent des opérations indispensables pour une bonne architecture des arbres, mais aussi l'amélioration de la productivité. A cet effet, la taille de gestion ordinaire des plantations d'anacardiers et la taille de rabaissement de couronne ont été étudiées dans les zones agroécologiques 3 et 5 du Bénin. A l'issu de cette étude, la taille de gestion ordinaire a donnée de meilleurs résultats en termes de rendement moyen pour le compte des trois années de collecte de données dans 75% des unités. En revanche, la qualité fruitière a été meilleure avec la taille de rabaissement de couronne. La taille de rabaissement de couronne quoiqu'ayant un rendement supérieur à la parcelle témoin ne surpasse pas la taille de gestion ordinaire au cours des trois premières années.

Remerciements

Nos remerciements vont à l'endroit de la GIZ à travers le ProAgri III et le ProFIAB II pour l'appui à la formation sur la taille de rabaissement de couronne et le financement de l'installation des unités de démonstration. De même, nous remercions FENAPAB et ses producteurs pour l'ouverture d'esprit et l'accompagnement dans la collecte de données durant la période.

Référence

- Adégbola PY & Crinot G, 2016. Census of cashew producers, cashew orchards and cashew processing units in Benin. Technical report, Ministry of Agriculture, Livestock and Fisheries (MAEP), Framework Support Programme for Agricultural Diversification (ProCAD), Agricultural Diversification Support Project (PADA), January 2016, p. 59.
- Amanoudo MJ, Moussa I, Tokore JSB, Kindemin OA, Wauters P, Muenkner C, 2019. Evaluation of the effects of good plantation maintenance and management practices on the productivity and quality of raw cashew nuts in the department of Borgou (Benin). Proceedings of International Colloquia regarding Scientific Discussions on Cashew Nuts (CIESA), Bassam (Côte d'Ivoire): 26-28 October 2017. 16p: 46-53.
- Asrey R, Patel VB, Barman K, Pal RK, 2012. Pruning affects fruit yield and postharvest quality in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Amrapali. *Fruits*, 2013, vol. 68, pp. 367-380.
- Bhat, MG, Nagaraja KV, Raja TR, 2020. Cashew research in India | *Journal of Horticultural Sciences*.
- Bussi C, Lescourret F, Genard M, Habib R, 2005. Pruning intensity and fruit load influence vegetative and fruit growth in an early-maturing peach tree (cv. Alexandra). *Fruits*, 2005, vol. 60, p. 133-142.
- Cambreling M, 2020. Analysis of the effects of pruning on mango flowering. Master's thesis. 28p.
- de Souza ALK, Pereira RR, Camargo SS, de Oliveira Fisher DL, Schuch MW, da Silveira Pasa M, Schmitz JD, 2014. Production and fruit quality of blueberries under different pruning intensities. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.44, n.12, p.2157-2163.
- DSA/MAEP, 2016. Data Collection Method on Fruit Perennial Crops in Benin. Technical information document, 91p.
- FIRCA, 2019. Interprofessional Agricultural Research and Advisory Fund. Annual report [WWW Document]. URL <https://firca.ci/wp-content/uploads/2020/11/RA-FIRCA-2019-FINAL.pdf> (accessed 7.28.22).
- Hafle OM, Ramos JD, De Oliveira Lima LC, Ferreira EA, De Melo PC, 2009. Productivity and quality of fruit in yellow passion fruit tree submitted to pruning of productive branches. *Rev. Bras. Frutic, Jaboticabal - SP*, v. 31, n. 3, p. 763-770.
- Hodgson RW, 1949. Principles and Methods of Pruning (The Citrus Industry, Batchelor and Webber, Vol. II, pp. 41 I-443).
- MAEP, 2003. Global diagnosis of the cashew nut sector in Benin. Farming Systems Improvement and Diversification Project - PADSE. 122p
- Masawe PAL, 2010. Consultancy Report on Cashew Improvement Program for Selected West African Countries (Benin, Burkina, and Côte d'Ivoire), GIZ/iCA, Accra, p. 54.
- Masawe PAL, Matos RB, N'Djolossè K, Manigui SA, Kodjo S, 2020. Cashew cultivation in Africa [WWW Document]. URL <https://prod5.assets-cdn.io/event/7181/assets/8367298918-273907f108.pdf> (accessed 7.29.22).
- Mendonça V, 2005. Poda de recuperação em Tangerineira "Ponka", (*Citrus Reticulata* Blanco). Lavras, ULFA, 73p.
- Menzela CM, & Le Lagadec MD, 2017. Can the productivity of mango orchards be increased by using high-density plantings? *Scientia Horticulturae* 218 (2017) 222-263.
- N'djolosse K, Adoukonou-Sagbadja H, Maliki R, Kodjo S, Badou A, Ahoyo Adjovi RN, 2020. Agronomic performance of cashew mother trees (*Anacardium occidentale* L.) selected in farmers' plantations in Benin. *Int. J. Bio. Chem. Sci* 14, 1536-1546. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i5.4>
- Nayak MG, Preethi P, Muralidhara BM, Shamsudheen M, 2019. Training, Pruning and Aftercare in Cashew 2p.
- Ouattara GM, Coulibally PJ-M, Seri HZ, Soro K, Coulibaly H, Touré LF, Kachelriess-Matthess S, 2012. Guide-pratique-d'entretien-des-parcelles-danacarde.pdf.6p
- Persello S, 2018. Mango (*Mangifera indica* L.) Response to pruning: characterization and integration in a structure-function model of pruning effects on vegetative growth and reproduction. Thesis to obtain a Ph. D from the University of Montpellier. 206p.
- Southwick SM, Yeager JT, Norton M, Osgood J, Weakley C, 1994. Alternate-year pruning may provide temporary savings. *California agriculture*, November-December. 5p.
- Stahl A, 2017. Effect of pruning on vegetative growth and flowering of Cogshall mango. CIRAD; Rapport de stage. 31p

ANALYSE DES PERCEPTIONS DES PRODUCTEURS SUR LES PARAMÈTRES CLIMATIQUES AFFECTANT LA PRODUCTIVITÉ DE L'ANACARDIER AU BÉNIN

Balogoun I.^{1,2}*Bello O.D.¹, Biau O.D.B.¹, Saïdou A.¹, Ahoton E.L.³, Ahanchede A.³

¹) Unité de Recherche Gestion Intégrée des Sols et des Cultures, Laboratoire des Sciences du Sol, Ecole des Sciences et Techniques de Production Végétale, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 03 BP 2819 RP Cotonou, BENIN.

²) Unité de Recherche en Sciences du Sol, Laboratoire de Sciences Végétales, Horticoles et Forestières, Université Nationale d'Agriculture (UNA), BP 43, Kétou, BENIN

³) Laboratoire de Biologie Végétale, Ecole des Sciences et Techniques de Production Végétale, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 03 BP 2819 RP Cotonou, BENIN

*Auteur correspondant : BALOGOUN Ibouaïman, Tel : (+229) 97 60 45 98 / 95 56 55 85 ; Email: iboualogoun@gmail.com

RESUME

La production de l'anacardier au Bénin est sérieusement affectée par la variabilité des facteurs climatiques. La présente étude vise ainsi à analyser les perceptions des producteurs sur les paramètres climatiques qui affectent la productivité de l'anacardier dans la perspective de la détermination des conditions optimales à sa culture au Bénin. Ainsi, 80 producteurs âgés de plus de 50 ans et ayant une expérience professionnelle de plus de 10 ans ont été choisis dans six villages de la zone Centre et Nord-Ouest du Bénin. Dans chacun des villages retenus, les données ont été collectées à l'aide du questionnaire à travers les enquêtes individuelles et de groupe, puis la visite de champs. Les éléments collectés ont trait aux caractéristiques socio-démographiques des ménages enquêtés, aux perceptions des producteurs par rapport à l'effet des événements climatiques les dix dernières années et leur impact sur la productivité de l'anacardier. Les résultats de l'étude indiquent que pour la majorité des producteurs (60 à 100%), les différents facteurs climatiques ont eu un impact négatif sur l'anacardier excepté l'insolation qui a été bonne au centre Bénin. Les variabilités climatiques majeures signalées par les producteurs enquêtés ont été l'augmentation de la température et la diminution de la quantité des pluies pour toutes les années concernées. L'âge et le genre influencent significativement ($P < 0,001$) la perception paysanne sur la variabilité des facteurs climatiques. Les impacts les plus importants sont : la baisse de rendement de l'ordre de 50 à 100%, le dessèchement et la chute des fleurs causés surtout par le manque de pluie, les vents violents et les températures élevées. Cette étude révèle que les paysans perçoivent clairement les effets de la variabilité des facteurs climatiques sur l'anacardier. Dans ce contexte fait d'incertitudes et de mutations, la contribution de la recherche pourrait être de tester au plan agronomique l'introduction d'un matériel végétal amélioré résistant à différents stress.

Mots clés : Plantation d'anacardier, variabilité climatique, perception paysanne, Bénin.

INTRODUCTION

Le milieu tropical est confronté depuis des années à une variation du climat se traduisant par une perturbation des cycles des saisons sèches et pluvieuses. Selon l'Institut d'Application et de Vulgarisation en Sciences (IAVS, 2011), cette variation est un bouleversement du climat caractérisé principalement par une augmentation significative de la fréquence et de l'intensité des chocs climatiques (sécheresses, inondations, vagues de chaleurs, vents violents). Les impacts probables du changement climatique sur les services écosystémiques, la production agricole, et les conditions d'existence vont caractériser les régions dominées par une production alimentaire de subsistance, et un faible potentiel de production fortement variable (Odada et al., 2008 ; Sivakumar et al., 2005).

Malgré l'importance de l'anacardier pour des millions de populations et de ménages en Afrique et au Bénin en particulier, et en dépit d'une augmentation de la production d'anacarde, la filière est sujette à de nombreuses contraintes dont entres autres l'influence combinée des facteurs climatiques (Balogoun et al., 2014). En effet, au Bénin, deux grandes zones sont très propices à la culture de l'anacardier à savoir la zone guinéenne et la zone soudano-guinéenne. Des travaux de Gnganglè (2012), il ressort que dans ces zones de production d'anacarde, les facteurs climatiques tels que le nombre moyen de jours de pluie et la pluviométrie présentent une tendance régressive (de 128 jours de pluie/an en 1960 à 80 jours de pluie en 2008). Les variations de la température (température moyenne) par contre indiquent globalement une tendance évolutive avec un taux de croissance relativement plus important en zone soudano-guinéenne de 0,03°C par an de 1960 à 2008 (Gnganglè et al., 2011). Selon l'auteur, l'humidité relative moyenne, est significativement en baisse entre les années 1980 et 2008.

Selon Balogoun et al. (2014), les principales contraintes liées à la production des noix d'anacarde sont notamment les aléas climatiques qui se caractérisent par la rareté et la mauvaise répartition des pluies, l'harroattan à travers les vents secs et violents et les basses températures. Selon les auteurs, cette variabilité climatique affecterait négativement le rendement de l'arbre à travers l'assèchement, l'avortement, la chute des fleurs, des feuilles et même des fruits réduisant ainsi le nombre de ces derniers. Ces variabilités climatiques, grande source d'inquiétude pour les agriculteurs en général et surtout pour les producteurs de noix de cajou en particulier, affectent négativement les rendements des cultures par leurs impacts sur la croissance et le développement des plantes (Adesiji et al., 2012 ; Luka et Yahaya, 2012). Cette baisse des rendements agricoles en raison des mauvaises conditions pédoclimatiques conduit à coup sûr à l'insécurité alimentaire croissante, à la vulnérabilité des communautés agricoles, à la réduction des revenus des ménages et à une augmentation de la pauvreté (Srivastava et al., 2012). L'étude des impacts du changement climatique sur l'anacardier a été faite en Côte d'Ivoire et au Ghana afin d'anticiper sur les conséquences de cette perturbation sur la productivité des arbres (Weidinger et Tandjiépon, 2014). Par contre au Bénin, aucune étude n'est encore faite sur l'impact des changements climatiques sur les arbres d'anacardier.

C'est dans le souci d'améliorer la productivité et la qualité des noix d'anacarde par la connaissance de l'influence des facteurs climatiques que la présente étude a été initiée.

I. MATERIEL ET METHODES

1.1 Milieu d'étude

La présente étude a été conduite dans deux zones agroécologiques favorables à la culture de l'anacardier au Bénin selon le découpage de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB, 1995). Il s'agit de la zone Centre (Zone 1) et de la zone Nord Ouest (Zone 3) au Bénin. Dans la Zone 1, les communes de Glazoué et de Savè ont été identifiées tandis que la commune de Djougou dans la Zone 3 a été identifiée par l'étude.

La Commune de Savè jouit d'un climat de transition entre le subéquatorial et le soudanien avec une hauteur moyenne de pluie de 1100 mm. L'analyse de la situation thermique a révélé que les quatre premiers mois et les trois derniers mois de l'année sont généralement les plus chauds. Deux types de vents soufflent dans la région de Savè : la mousson et l'harmattan (Balogoun et al., 2014). Le vent le plus dominant relevé est généralement de direction Sud ou Sud-ouest avec une vitesse moyenne maximale de 2m/s (ProDéCom, 2006). Les vitesses les plus élevées enregistrées sont de 13 à 15 m/s entre Mai et Juin. La moyenne annuelle d'insolation calculée est de 1939 heures ; les plus fortes moyennes sont enregistrées pendant la saison sèche, les minima pendant la saison des pluies (Dossouhoui, 2013). Quant à la Commune de Glazoué, elle connaît parfois deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches ou une saison pluvieuse et une saison sèche. La pluviométrie annuelle moyenne est de 959,56 à 1255,5mm (PDC, 2006); la température moyenne varie entre 24 et 29°C.

Le climat de la zone 3 est de type soudanien (9°45'-12°25'N) caractérisé par une pluviométrie moyenne inférieure à 1000 mm et l'humidité relative moyenne de 1960 à 2000 est de 54,9 % ; la température moyenne est de 27,5°C (Gnanglè, 2012). Cette zone bénéficie essentiellement d'un climat de montagne comportant des légères variations (Balogoun et al., 2014). La Commune de Djougou jouit de deux saisons dont une saison pluvieuse de mi-avril à mi-octobre et une saison sèche de mi-octobre à mi-avril. La Commune connaît de décembre à février, l'harmattan qui est un vent sec et frais (Balogoun et al., 2014) qui souffle du Sahara vers l'Ouest sur l'Afrique occidentale (Orou Wari, 2011).

Les villages d'étude ont été en général choisis compte tenu de certains critères notamment la disponibilité foncière, l'accessibilité de la zone toute la saison, l'ouverture d'esprit des producteurs à collaborer avec l'équipe de recherche et aussi le fait que certains abritent déjà l'essai agronomique. Le Tableau 1 présente la liste des villages enquêtés par zone.

Tableau 1 : Liste des villages enquêtés par zone

Zone	Communes	Village
Centre	Glazoué	Adourékoman
		Kabolé
	Savè	Atchakpa
		Gobé
Nord Ouest	Djougou	Founga
		Daringa

1.2 Méthode d'échantillonnage et de collecte de données

Par village, les producteurs d'anacarde ayant un âge supérieur ou égal à 50 ans ont été recensés à la suite des "focus groups". Mais dans le cas précis de notre étude, les personnes réellement enquêtées sont les producteurs qui ont encore de la mémoire et surtout qui continuent d'entretenir par eux même leur plantation. Ainsi, 40 producteurs ont été retenus aussi bien au Centre qu'au Nord-Ouest afin d'obtenir des données fiables.

Au total, l'enquête individuelle a été faite selon la méthode décrite par Dansi et al. (2010) et Nyanga et al. (2011) et elle a concerné 80 producteurs ayant au moins 10 ans d'expérience dans la production d'anacarde. Dans chacun des villages retenus, les données ont été collectées en utilisant le questionnaires, les enquêtes individuelles et de groupe, et la visite de champs (Kombo et al., 2012).

Les éléments collectés ont trait aux caractéristiques socio-démographiques des ménages enquêtés (sexe, âge, taille du ménage, niveau d'éducation, années d'expérience dans la culture de l'anacardier, main-d'œuvre employée, taille des exploitations), aux perceptions des producteurs par rapport à l'effet des événements climatiques ces dix dernières années, et leur impact sur la productivité de l'anacardier. Ces événements concernent la pluviométrie, les vents, la température ambiante, la durée de l'insolation, etc. Par ailleurs, d'autres données ont été aussi collectées telles que les différentes adaptations face aux facteurs climatiques affectant la production. Les superficies réelles considérées sont celles corrigées par l'écart obtenu entre les valeurs déclarées et mesurées au GPS marque Garmin eTrex 20 à partir d'un échantillon de cinq planteurs par village.

1.3 Traitement et analyse des données

Pour l'analyse des données issues de l'enquête, après codification dans le tableur Microsoft Excel, elles ont été analysées à l'aide du logiciel SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) version 16.0 pour la détermination des statistiques descriptives en termes de pourcentage.

Afin de subdiviser l'ensemble des différents facteurs climatiques en un nombre plus restreints, de classes ou groupes constitués d'éléments assez homogènes, une classification numérique prenant en compte les différents paramètres climatiques sur les 10 ans a été réalisée avec le logiciel R. En Afrique en général et au Bénin en particulier, les perceptions locales des phénomènes et les pratiques sont très influencées par les us et coutumes, eux-mêmes dépendant des groupes socioculturels (Gnanglè et al., 2011). De ce fait, les sujets enquêtés ont été regroupés suivant les cinq principaux groupes ethniques, à savoir les Idaacha et Mahi, en zone soudano-guinéenne, ainsi que les cotocoli ; peull et yom (en zone soudanienne). Dans chaque groupe, les sujets ont été regroupés suivant deux catégories d'âge (adulte = 50 à 70 ans ; vieux = plus de 70 ans) et de sexe (Assogbadjo et al., 2008 ; Gnanglè et al., 2011). Ainsi, au total, 12 catégories socioculturelles (au lieu des 20 potentielles) et prenant en compte la combinaison entre les principaux groupes ethniques, l'âge et le sexe ont été considérées (Tableau 2). La situation relative

aux 12 catégories socioculturelles au lieu des 20 potentielles résulte de l'absence dans l'échantillon étudié de certains enquêtés répondant à des combinaisons de modalités d'âge, de sexe et de groupes ethniques. Les groupes climatiques obtenus ont été mis en relation avec les différents groupes socio culturels grâce à une analyse en composantes principales (ACP) selon Uguru et al., (2011) afin de faciliter l'interprétation des résultats de cette classification.

Tableau 2 : Effectifs associés aux 12 principaux groupes socioculturels étudiés (N = 80)

Groupes socio culturels	Codes	Effectifs
Adulte Femme Idaacha	AFI	7
Adulte Homme Idaacha	AHI	21
Vieille femme Idaacha	VFI	1
Vieil Homme Idaacha	VHI	8
Vieil Homme Mahi	VHM	2
Adulte Homme Mahi	AHM	1
Adulte Homme Yom	AHY	20
Vieil Homme Yom	VHY	5
Adulte Femme Yom	AFY	2
Adulte Homme Peulh	AHP	8
Adulte Homme Cotoli	AHC	4
Vieil Homme Peulh	VHP	1

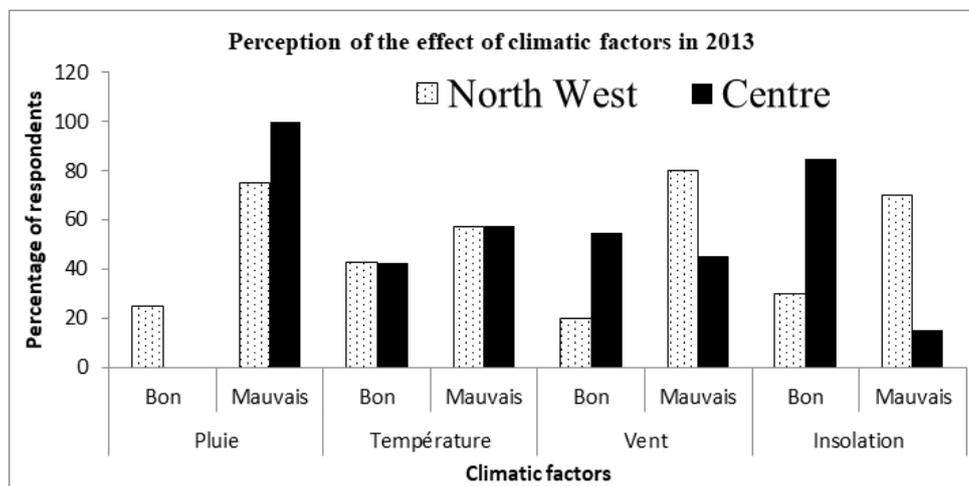
2. RESULTATS

2.1 Perception de la qualité des facteurs climatiques sur l'anacardier

La Figure 1 présente les résultats de l'analyse descriptive de l'effet des facteurs climatiques sur l'anacardier en 2013. Il ressort de l'analyse de ces résultats que de façon générale pour la majorité des producteurs, les différents facteurs climatiques ont eu un impact négatif sur l'anacardier excepté l'insolation qui a été bonne au centre Bénin.

Figure 1 : Perception de l'effet des facteurs climatiques sur l'anacardier en 2013

2.2 Perception des grandes variations du climat selon les groupes socio-culturels



Le résultat du regroupement des différents paramètres climatiques à savoir quantité de pluie, la tendance des pluies, la répartition des pluies, le nombre de jours de pluies, la vitesse du vent, la température ambiante, l'insolation, le nombre de jours ensoleillés et le nombre de jours nuageux sur des 10 dernières années avant 2013, est présenté sous la forme d'un dendrogramme (Figures 2 et 3). D'après les résultats du dendrogramme, les informations de départ permettent de procéder au classement de ces paramètres climatiques en cinq groupes au Centre (Figure 2) et trois groupes au Nord Ouest (Figure 3).

Au centre (Figure 2), le premier groupe concerne :

- la température ambiante (2010 à 2012),
- l'insolation (2010 à 2012) et
- le nombre de jours de pluies (2010 à 2012).

Le deuxième groupe rassemble :

- la tendance des pluies (2010 à 2012 ;
- la répartition des pluies (2010 à 2012) et
- le vent (2003 à 2009).

Le troisième groupe comporte :

- la tendance des pluies (2003 à 2009),
- la répartition des pluies de (2003 à 2009) et
- le vent (2010 à 2012),

Le quatrième groupe regroupe :

- le nombre de jours de pluies (2003 à 2009),
- la température (2003 à 2009) et
- l'insolation (2003 à 2009) et

Le groupe 5 regroupe le nombre de jours nuageux et ensoleillés.

Au Nord, le premier groupe rassemble (Figure 3) :

- la pluviométrie, la tendance des pluies et le nombre de jours de pluie sur les 10 ans.

Le deuxième groupe concerne :

- la répartition des pluies, la température, le vent et l'insolation sur les 10 ans.

Le troisième groupe rassemble :

- le nombre de jours nuageux et ensoleillés sur les 10 ans.

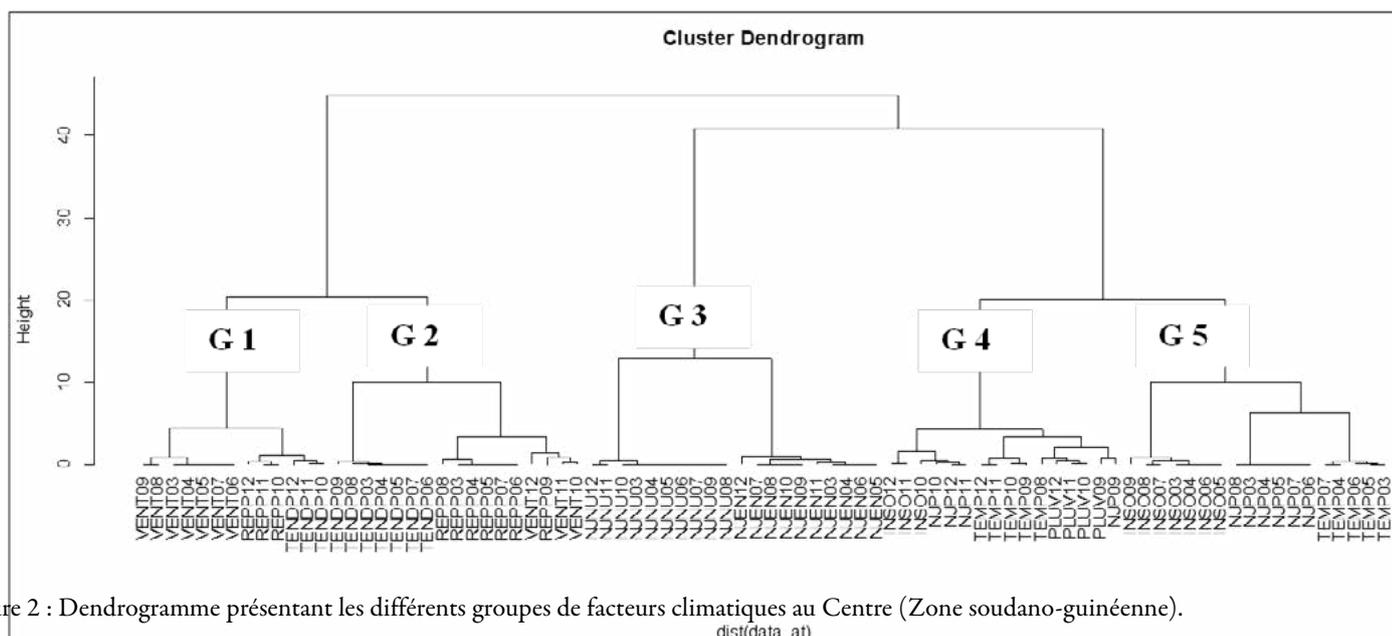


Figure 2 : Dendrogramme présentant les différents groupes de facteurs climatiques au Centre (Zone soudano-guinéenne).

PLUV=Pluviométrie ; **TENDP**= Tendance des pluies ; **REPP**= Répartition des pluies ; **NJP**= Nombre de Jours de pluie ; **TEMP**= Température ambiante **VENT**= Vitesse du vent ; **NJEN**= Nombre de jours ensoleillés ; **NJNU**= Nombre de Jours Nuageux Ces différents paramètres sont suivis des différentes

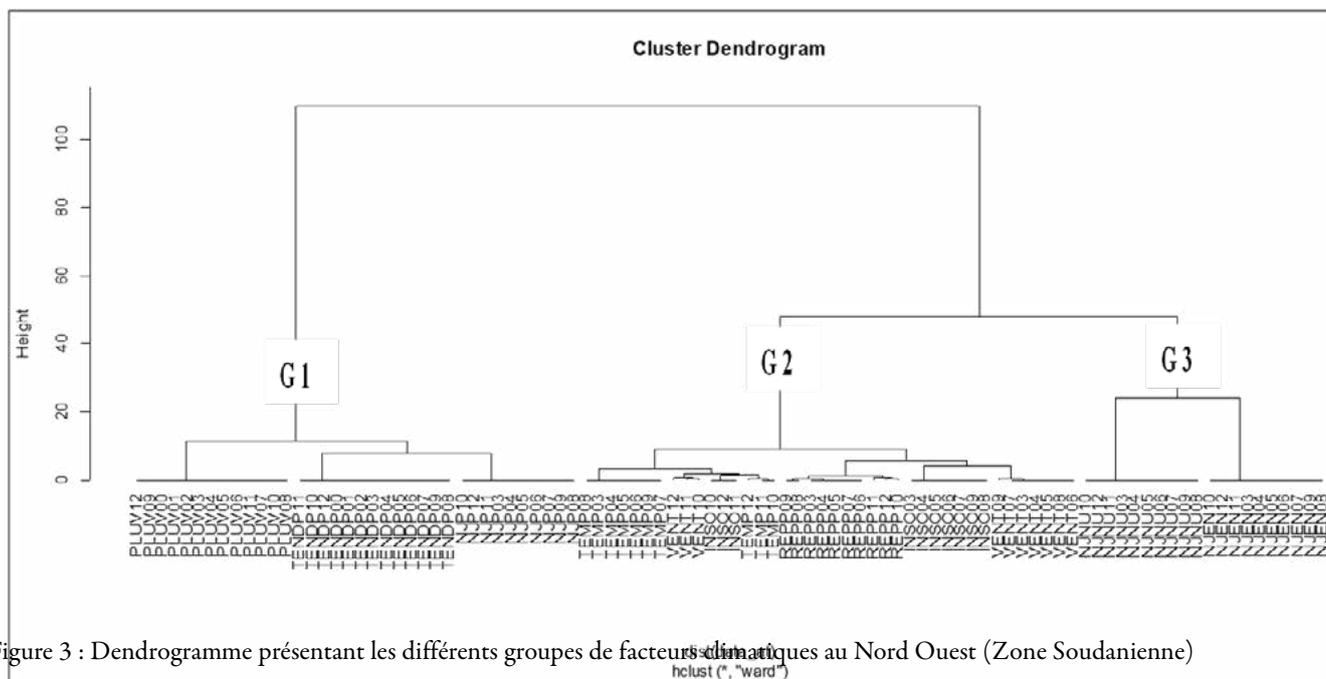


Figure 3 : Dendrogramme présentant les différents groupes de facteurs climatiques au Nord Ouest (Zone Soudanienne)

PLUV=Pluviométrie ; **TENDP**= Tendance des pluies ; **REPP**= Répartition des pluies ; **NJP**= Nombre de Jours de pluie ; **TEMP**= Température ambiante **VENT**= Vitesse du vent ; **NJEN**= Nombre de jours ensoleillés ; **NJNU**= Nombre de Jours Nuageux Ces différents paramètres sont suivis des différentes

Au Centre, les résultats de l'analyse en composante principale sur ses différents groupes climatiques et les groupes socioculturels ont permis de décrire les relations entre ces perceptions de variation des facteurs climatiques et d'affiner leur analyse. Ces résultats indiquent que les deux premiers axes expliquent 97 % de l'information totale. La première composante principale oppose la température, l'insolation et le nombre de jours de pluies de la période 2010 à 2012 au nombre de jours nuageux, à la pluie et sa répartition au cours de 2010 à 2012 ainsi qu'au vent courant 2003 à 2009 (Figure 4). Il en résulte que de 2010 à 2012, une forte pluviométrie et bien répartie est accompagnée d'une faible température et d'insolation. La seconde composante oppose la pluie et sa répartition de 2003 à 2009 ainsi que le vent de 2010 à 2012 au nombre de jours de pluviométrie, à la température et à l'insolation de la période de 2003 à 2009. Ainsi, de 2003 à 2009, la forte pluviométrie bien répartie est souvent associée à de faible température et insolation. (Figure 4). La projection des 12 groupes socioculturels (Tableau 2) dans le système d'axes définis par les facteurs climatiques (Figure 4) révèle que les adultes Idaacha et les vieux hommes Idaacha et Mahi ont la perception qu'au cours de la période de 2003 à 2009, l'intensité de pluviométrie a été élevée et bien répartie tandis que la température et l'insolation ont été faibles. Par contre les adultes hommes Mahi ont estimé qu'il y a une forte pluviométrie et qu'elle est bien répartie. Ils ont également perçu une température basse et une insolation faible dans la même période. Les vieilles femmes Idaacha quant à elles se sont opposées à la perception des adultes hommes Mahi (Figure 4).

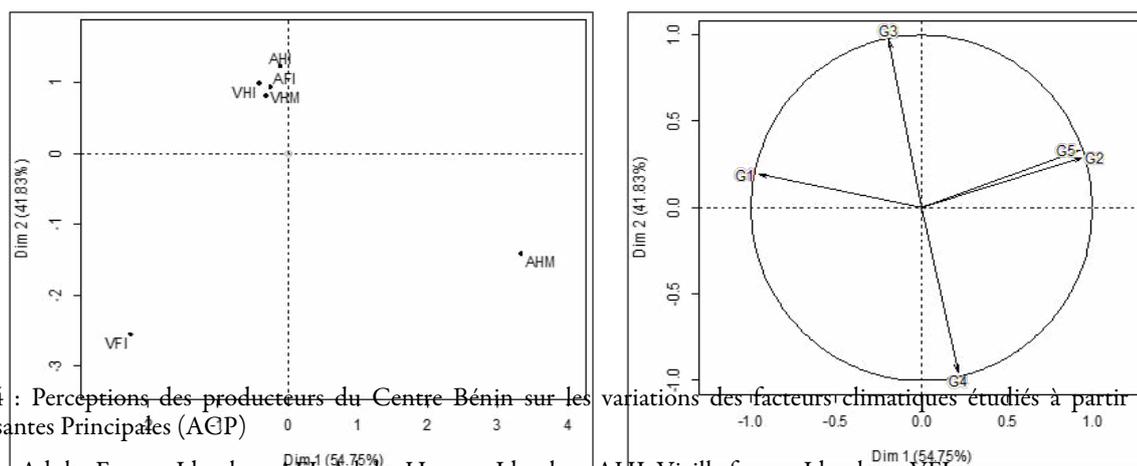


Figure 4 : Perceptions des producteurs du Centre Bénin sur les variations des facteurs climatiques étudiés à partir d'une Analyse en Composantes Principales (ACP)

Légende : Adulte Femme Idaacha = AFI, Adulte Homme Idaacha = AHI, Vieille femme Idaacha = VFI, Vieil Homme Idaacha = VHI, Vieil Homme Mahi = VHM ; Adulte Homme Mahi = AHM

Au Nord, les résultats de l'analyse en composante principale indiquent que les deux premiers axes expliquent 93,55% de l'information totale. La première composante associe la pluviométrie, à la température, au vent, et aux jours nuageux et ensoleillés (Figure 5). Il en résulte que la bonne quantité d'eau tombée sur les 10 années était bien répartie et associée à un vent moins violent et une température meilleure à au climat de 2013. La projection des 12 catégories de groupes socioculturels (Tableau 2) dans le système d'axes définis par les facteurs climatiques (Figure 5) révèle que les adultes Yom et les vieux hommes peulhs ont la perception qu'il y a une forte pluie et bien répartie sur les 10 ans. Les adultes femmes et les vieux hommes Yom quant eux, ont la perception qu'il y a une diminution de la vitesse du vent, de l'insolation et de la température de même que le nombre de jours de pluie de 2003 à 2012 (Figure 5). Il ressort de ces analyses que les adultes des différents groupes socioculturels ont plus perçu une amélioration du niveau de tous les facteurs climatiques sur les 10 ans avant 2013 que les vieux.

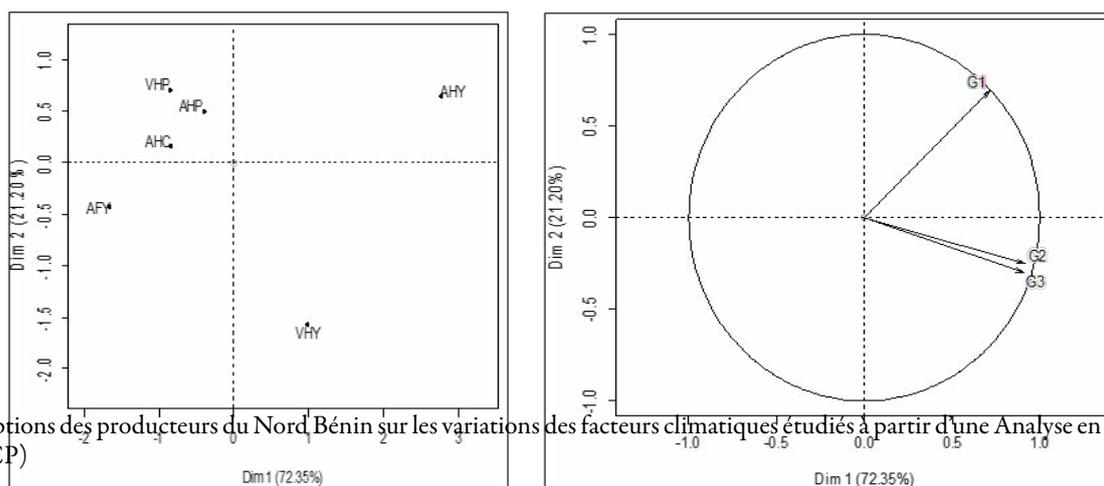


Figure 5 : Perceptions des producteurs du Nord Bénin sur les variations des facteurs climatiques étudiés à partir d'une Analyse en Composantes Principales (ACP)

Légende : Adulte Homme Yom = AHY ; Vieil Homme Yom = VHY ; Adulte Femme Yom = AFY ; Adulte Homme Peulh = AHP ; Adulte Homme Cotoli = AHC Veil Homme Peulh = VHP.

2.3 Perception des producteurs sur les facteurs climatiques affectant le rendement de l'anacardier au cours des dix dernières années

L'analyse descriptive réalisée sur l'ensemble des producteurs, révèle que de 2003 à 2012, plus de 95% des producteurs ont obtenu une augmentation du rendement en noix de cajou allant de 50 à plus de 100% par rapport à la production obtenue au cours de la campagne 2013. Ces producteurs affirment que ceci est essentiellement dû à la défaillance de certains facteurs climatiques. Les moins de 5% restants, ont obtenu une diminution de 5 à 10 % par rapport à 2013. Ceux-ci affirment que la raison fondamentale est plutôt l'attaque de leur plantation par les feux de brousse et l'abattage de certains arbres en vue de l'éclaircissement de la plantation.

Les tableaux 3 et 4 présentent les résultats de la stepwise regression au Centre et au Nord-Ouest Bénin sur l'effet des facteurs climatiques sur le niveau de production de l'anacardier de 2003 à 2012. L'analyse de ces résultats révèle que pour l'ensemble des producteurs des deux zones de production, l'augmentation de la quantité de pluie tombée, l'augmentation du nombre de jours de pluie, les vents moins violents, la diminution de la température moyenne et la diminution de l'insolation ont été entre autres les paramètres climatiques ayant favorisé très significativement ($P < 0,01$) l'augmentation de rendement par rapport à la campagne 2013. Ces différents paramètres notamment ceux ayant été significatifs par année, ont été soumis à une régression multinomiale afin de dégager les éléments les plus pertinents ayant déterminé l'augmentation du rendement selon les producteurs.

Le tableau 4 présente les résultats de l'analyse de la régression multinomiale au centre et au Nord Ouest du Bénin. Il ressort de l'analyse de ces résultats, qu'aux dires des producteurs, le vent (moins violent), la température moyenne (diminution) et surtout la pluie (augmentation de sa quantité, augmentation du nombre de jours de pluie) sont les facteurs climatiques ayant impacté très significativement ($P < 0,001$) l'augmentation du rendement au cours des dix dernières années. Il en résulte donc que, la diminution du nombre de jours de pluie, les vents plus violents, l'augmentation de la température et surtout le retard et la diminution de la quantité de pluie observés en 2013 ont été les facteurs climatiques ayant causé la baisse de production remarquée par la recherche et les producteurs en 2013.

Tableau 3 : Résultat de la stepwise regression au Centre Bénin sur l'effet des facteurs climatiques sur le niveau de production de l'anacardier de 2003 à 2012

Paramètre climatique	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003
	Chi-Square	Chi-Square	Chi-Square	Chi-Square	Chi-Square	Chi-Square	Chi-Square	Chi-Square	Chi-Square	Chi-Square
PP	12,25***	10,40***	16,92***	13,01***	7,12**	23,98***	26,13***	26,13***	26,13***	26,13***
MP	5,94**	1,57ns	1,45ns	-	-	-	-	-	-	-
PMF	0,2ns	0,04ns	0,07ns	1,46ns	14,06***	23,98***	17,83***	17,83***	17,83***	17,83***
ANJP	0,34ns	15,14***	0,01ns	18,34***	9,68**	7,62**	24,47***	24,47***	24,47***	24,47***
DNJP	-	-	-	-	-	3,29ns	-	-	-	-
ATMx	1,32ns	0,88ns	0,82ns	5,49**	-	-	-	-	-	-
DTMx	2,91ns	3,02ns	0,38ns	-	23,10***	23,98***	26,02***	26,02***	26,02***	26,02***
ATMn	-	-	-	-	3,46ns	-	-	-	-	-
MV	26,91***	0,28ns	3,30ns	25,85***	17,37***	23,98***	26,13***	26,13***	26,13***	26,13***
MS	1,03ns	-	0,82ns	-	17,37***	12,69**	26,13***	26,13***	26,13***	26,13***
Other	1,25ns	0,75ns	0,91ns	1,00ns	3,46ns	13,29**	0,02ns	0,02ns	0,02ns	0,02ns

* : significatif au seuil de 0,05 ; ** : très significatif au seuil de 0,05 ; *** : très hautement significatif au seuil de 0,05

PP : Plus de Pluie ; MP : Moins de pluie ; PMF : Pluie moins forte ; ANJP : Augmentation du Nombre de jours de pluie ; DNJP : Diminution du nombre de jours de pluie ; ATMx : Augmentation de la température maximale ; DTMx : Diminution de la température maximale ; ATMn

: Augmentation de la température minimale ; **MV** : Moins de vent ; **MS** : Moins de soleil ; - = effets non signalé par les producteurs

Tableau 4 : Résultat de la stepwise regression au Nord Ouest Bénin sur l'effet des facteurs climatiques sur le niveau de production de l'anacardier de 2003 à 2012

Paramètre climatique	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003
	Chi-Square									
PP	25,78***	18,05***	24,12***	9,29**	35,53***	27,30***	27,30***	27,30***	27,30***	27,30***
MP	0,07ns	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PPF	10,78**	7,76**	7,76**	1,36ns	0,95ns	0,54ns	0,54ns	0,54ns	0,54ns	0,54ns
ANJP	4,76*	7,70**	7,70**	1,96ns	1,28ns	4,92*	4,92*	4,92*	4,92*	4,92*
ATMx	0,05ns	0,002ns	0,002ns	0,25ns	1,47ns	2,43ns	2,43ns	2,43ns	2,43ns	2,43ns
DTMn	-	-	4,82*	0,002ns	0,47ns	0,33ns	0,33ns	0,33ns	0,33ns	0,33ns
PV	3,20ns	3,41ns	1,39ns	0,62ns	0,43ns	0,000ns	0,000ns	0,000ns	0,000ns	0,000ns
MV	0,54ns	1,39ns	-	-	-	-	-	-	-	-
PS	1,79ns	0,85ns	2,42ns	0,76ns	2,67ns	3,85*	3,85*	3,85*	3,85*	3,85*
MS	1,56ns	1,66ns	1,66ns	0,15ns	1,47ns	2,43ns	2,43ns	2,43ns	2,43ns	2,43ns
Other	23,52***	6,18**	11,96***	7,94**	21,65***	14,81***	14,81***	14,81***	14,81***	14,81***

* : significatif au seuil de 0,05 ; ** : très significatif au seuil de 0,05 ; *** : très hautement significatif au seuil de 0,05

PP : Plus de Pluie ; **MP** : Moins de pluie ; **PPF** : Pluie plus forte ; **ANJP** : Augmentation du Nombre de jours de pluie ; **ATMx** : Augmentation de la température maximale ; **DTMn** : Diminution de la température minimale ; **MV** : Moins de vent ; **PS** : Plus de soleil ; **MS** : Moins de soleil ; - = effets non signalé par les producteurs

Table 5: Result of the multinomial regression showing the most relevant climatic factors influencing cashew production in the Central and North-Western Zones of Benin.

Year	Climatic factors	Centre zone		North West zone	
		Estimated value	KHI-2	Estimated value	KHI-2
2012	More rain	-2,17	5,51**	-3,2	10,41***
	Less Wind	-5,77	15,33***	-	-
2011	More rain	-6,54	14,86***	-3,03	9,63***
	Increase in the number of rainy days	-2,52	11,47***	-	-
2010	More rain	-5,45	14,79***	-3,91	8,66***
	Increase in the number of rainy days	-	-	-2,96	7,43*
2009	More rain	-	-	-3,01	13,67***
	Increase in the number of rainy days	-3,34	4,27*	-	-
	Less Wind	-3,82	5,19*	-	-
2008	More rain	-	-	-3,01	13,67***
	Lower ambient temperature	-3,30	6,72**	-	-
	Less sunshine	-4,13	14,85***	-	-
2007	More rain	-5,40	23,98***	-5,14	7,39**
2006	More rain	-5,40	23,98***	-5,14	7,39**
2005	More rain	-5,40	23,98***	-5,14	7,39**
2004	More rain	-5,40	23,98***	-5,14	7,39**
2003	More rain	-5,40	23,98***	-5,14	7,39**

* : significatif au seuil de 0,05 ; ** : très significatif au seuil de 0,05

*** : très hautement significatif au seuil de 0,05

2.4 Perception des producteurs sur l'effet des facteurs climatiques sur les paramètres phénologiques de l'anacardier

L'analyse des résultats relatifs à la perception des producteurs sur l'impact des facteurs climatiques notamment la pluie, le vent, la température et l'ensoleillement, sur les paramètres phénologiques de l'anacardier dans les deux zones de production d'anacarde au cours de la campagne 2013-2014 (Tableau 6), montre que, de façon générale, le retard et la diminution de la quantité de pluie observée par les producteurs en 2013, a favorisé l'apparition tardive des fruits au Centre et le dessèchement des fleurs (Figure 6) au Nord Ouest du Bénin. L'augmentation de la température ambiante, quant à elle, n'a eu aucun effet positif sur tous les paramètres mais a surtout favorisé la diminution du nombre

de fleurs au Centre ($P < 0,01$) alors qu'elle a favorisé une apparition précoce et un nombre important de fleurs au Nord. Quant aux vents (vent violent et harmattan), ils ont surtout causé la chute, la diminution du nombre et le dessèchement des fleurs ($P < 0,001$) dans les deux zones de production parcourues. L'ensoleillement par contre n'a rien causé au Nord-Ouest comme effet tandis qu'au Centre, il a favorisé l'apparition précoce des fleurs, l'augmentation du nombre de fleurs mais aussi leur chute. Il ressort de ces analyses qu'aux dires des producteurs les facteurs climatiques étudiés ont eu des effets négatifs sur les paramètres phénologiques en 2013 ; ce qui n'était souvent pas le cas pendant les campagnes précédentes. Pour plus de 98% des producteurs, les années précédentes ont connu une pluviométrie meilleure et un vent moins violent à ceux de 2013. Cet état de chose a souvent favorisé une meilleure floraison avec moins de chute de fleurs. Toutefois, le facteur climatique le plus incriminé par les producteurs reste la variabilité de la pluviométrie. Les vents doux favorisent donc l'augmentation du nombre de fleurs de même que leur viabilité alors que la pluviométrie et sa bonne répartition associée à une température moyenne favorisent donc une sortie à bonne date des nouvelles feuilles et des fleurs.

Figure 6: Dried cashew flowers

Tableau 6 : Résultat de l'analyse de la régression pas à pas sur l'effet des facteurs climatiques sur les paramètres phénologiques de l'anacardier



	Paramètres Climatiques							
	Zone centre				Zone Nord-Ouest			
	Pluie	Température	Vent	Ensoleillement	Pluie	Température	Vent	Ensoleillement
Paramètres Phénologiques	Chi-Square	Chi-Square	Chi-Square	Chi-Square	Chi-Square	Chi-Square	Chi-Square	Chi-Square
Aucun Effet Positif	-	11,47***	21,40***	-	0,08ns	0,05ns	-	-
Chute des Fleurs	0,44ns	3,68ns	20,33***	39,85***	0,89ns	1,09ns	17,78***	0,03ns
Apparition Précoce des fleurs	0,68ns	0,78ns	1,67ns	30,39***	0,08ns	4,29*	-	-
Augmentation du Nombre de fleurs	2,39ns	0,10ns	0,01ns	7,62**	-	5,86*	-	-
Diminution du Nombre de fleurs	0,05ns	9,86**	-	-	0,77ns	0,17ns	19,57***	0,005ns
Apparition tardive des fleurs	-	-	-	-	0,16ns	-	-	0,002ns
Apparition Précoce des Fruits	-	0,76ns	-	-	-	1,36ns	-	-
Apparition tardive des Fruits	9,23**	1,39ns	-	-	0,25ns	-	-	-
Dessèchement des fleurs	2,39ns	0,10ns	0,51ns	-	5,86*	0,29ns	17,79***	0,07ns
Autres	0,03ns	-	-	-	2,56ns	1,40ns	0,07ns	0,05ns

- = effet non signalé par les producteurs

* : significatif au seuil de 0,05 ; ** : très significatif au seuil de 0,05 ; *** : très hautement significatif au seuil de 0,05

3. DISCUSSION

Les effets néfastes des paramètres sont perçus par les planteurs d'anacardier qui affirment que les vents violents et les poches de sécheresse, les pluies de décembre et janvier affectent la productivité de l'anacardier à travers la chute des fleurs, leur apparition précoce et surtout leur dessèchement. Ce résultat est en accord avec celui de Ricau (2013) qui a montré que, l'anacardier produit pendant la saison sèche et il est particulièrement productif lorsque les pluies sont régulières pendant la saison pluvieuse et que les températures ne sont pas trop élevées pendant la saison sèche. Une saison pluvieuse très irrégulière, même si le volume pluviométrique est élevé, sera donc défavorable à la productivité des arbres. La pluviométrie et sa bonne répartition favorisent donc un bon rendement alors que les vents doux associés à une bonne température moyenne favorisent donc l'augmentation du nombre de fruits. Selon Ricau (2013), la période où les conditions climatiques restent les plus décisives est la floraison et le début de la fructification. Lors de cette période, les températures excessivement élevées, les vents secs ou violents, les orages et les chutes de grêle peuvent causer d'énormes dégâts sur les fleurs ou les jeunes fruits immatures et réduire le nombre de fruits par pied.

Loko et al. (2013) ont également obtenu des informations similaires auprès des producteurs d'igname du Nord Ouest du Bénin. Selon les auteurs, les producteurs de cette région du pays ont indiqué qu'une bonne pluviométrie, une température moyenne, un vent doux et un ensoleillement moyen sont les conditions idéales pour la croissance et le développement des plants en général et celui de l'igname en particulier. Les meilleures conditions climatiques rayant dans le passé (précipitations bonnes et régulières, une température moyenne et vents moins violents) sont celles qui sont à l'origine des bons rendements obtenus comparés aux faibles qui s'obtiennent actuellement (Loko et al.,

2013).

Il ressort de cette étude que les producteurs d'anacardier du Bénin ont une bonne connaissance de la variabilité des facteurs climatiques et de son effet sur les paramètres phénologiques et de rendement de l'arbre. Selon les producteurs, la variabilité climatique obtenue en 2013 marquée surtout par des périodes de sécheresse et le retard dans l'installation des pluies a eu des impacts négatifs sur la production de l'anacardier. Ces effets négatifs étaient attendus puisque selon Ayanlade et al. (2010), le régime pluviométrique est le facteur climatique le plus important qui influence les activités agricoles en zones tropicales. La baisse de productivité signalée par les planteurs au cours de la campagne 2013-2014 comme principal impact des changements climatiques sur la culture de l'anacardier a été aussi notée sur d'autres cultures telles que, l'igname (Loko et al., 2013), le niébé (Ajetomobi et Abiodun, 2010), le riz (Nwalieji et Uzuegbunam, 2012) et le sorgho (MacCarthy et Vlek, 2012). Il en est de même de la prolifération des insectes qui a été signalée comme impact de la variabilité des facteurs climatiques sur le sésame (Luka et Yahaya, 2012). Ces facteurs climatiques contribuent à la réduction des superficies emblavées par les producteurs d'anacarde comme c'est le cas avec le sorgho au Ghana (MacCarthy et Vlek, 2012). Il urge donc de développer des stratégies d'adaptations efficaces notamment l'entretien régulier de la plantation, l'élagage des vieilles branches, afin de toujours susciter son engouement au niveau des producteurs (MacCarthy et Vlek, 2012), vu son importance dans l'économie béninoise.

CONCLUSION

La présente étude a révélé que les planteurs d'anacardier de la zone Centre et Nord Ouest du Bénin sont bien conscients des variabilités des facteurs climatiques que subissent leurs zones respectives. Ils ont aussi une bonne perception aussi bien de leurs effets (augmentation de la température, diminution de la pluviométrie, vents violents, etc.) que de leurs impacts sur la productivité de l'anacardier.

Bien que l'étude ait révélé, entre autre, que c'est surtout les hommes et les personnes adultes qui ont plus perçu ces effets, les femmes et les vieux ne doivent être en aucun cas exclus des politiques nationales de réduction des impacts liés aux changements climatiques sur l'anacardier. Aussi, les politiques gouvernementales et les travaux de recherche doivent-elles prendre en compte les perceptions des planteurs liées aux variabilités climatiques pour y proposer des stratégies d'adaptation.

Remerciements

Les auteurs expriment leurs sincères remerciements au Programme de Fonds Compétitifs de Recherche (PFCR) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC) qui a financé les présents travaux de recherche à travers le projet «Biodiversité et valorisation agroalimentaire des produits de l'anacardier au Bénin (PROANAC)».

Références bibliographiques

- Adesiji G. B., Matanmi B.M., Onikoyi M.P. and Saka M. A. 2012. Farmers' perception of climate change in Kwara State, Nigeria, *World Rural Observations*, 4(2): 46-54.
- Ajetomobi J., Abiodun A. 2010. Climate change impacts on cowpea productivity in Nigeria. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*, 10(3): 2258-2217.
- Assogbadjo A., E, Glèlè kakaï R., Chadare F, J., Thomson L., Kyndt T., Sinsin B., and Van Damme P. 2008. Folk classification, perception and preferences of baobab products in West Africa: consequences for species conservation and improvement. *Economic Botany*, 62(1), 74-84.
- Ayanlade A., Odekunle T.O., Orimoogunje O.O.I. 2010. Impacts of climate variability on tuber crops in Guinea Savanna Part of Nigeria: A GIS Approach. *Journal of Geography and Geology*, 2(1): 28-35.
- Balogoun I., Saidou A., Ahoton E.L., Amadji G.L., Ahohuendo C.B., Adebo J.B., Babatoundé S., Chougourou D., Adoukonou-Sagbadja H., Ahanchédé A. 2014. Characterisation of cashew-based production systems in the main growing zones in Benin. *Agronomie africaine*, 26 (1): 9-22.
- Dansi A., Adoukonou-Sagbadja H., Vodouhè R., 2010. Diversity, conservation and related wild species of Fonio millet (*Digitaria spp*) in the northwest of Benin. *Genétique, Resource, CropEvolution*, 57: 827-839.
- Dossouhoui A. I. G. 2013. Perception of Growers, Climatic factors on the productivity of the Cashew Tree in the Communes of Savè and Glazoué. Dissertation for the Award of a Professional Degree, FSA/UAC, Abomey-Calavi, 70 p.
- Gnanglè C. P. 2012. Farmers' Perceptions about Climate Change: adaptation strategies in the management of hubs in Benin. PhD thesis in Agricultural Science from the University of Abomey-Calavi. 154p.
- Gnanglè P.C., Glèlè Kakaï R. L., Assogbadjo A. E., Vodounon S., Yabi J. A., Sokpon N. 2011. Past climate trends, modelling, perceptions and local adaptations in Benin. *Climatologie*, vol. 8, 26-40.
- IAVS, 2011. Exploratory study of agricultural models in response to climate change in the Sahel. Research Notes No, 1. Category 1: Governance and Climate change. IAVS Research Notes, 8p.
- INRAB, 1995. Technical Specifications on Soils and Forest Species. Published by INRAB (Institut National des Recherches Agronomiques du Bénin), 68 p.
- Kombo G.R., Dansi A., Loko L.Y., Orkwor G.C., Vodouhè R., Assogba P., Magma J. M. 2012. Diversity of cassava (*Manihot esculenta Crantz*) cultivars and its management in the department of Bouenza in the Republic of Congo. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59(8): 1789-1803.
- Loko Y. L., A. Dansi, A. P. Agre, N. Akpa, I. Dossou-Amin P. Assogba, M. Dansi, K. Akpagana and Sanni A.. 2013. Farmer perceptions and impacts of climate change on yam production and varietal diversity in the arid zone of northwest Benin. *International Journal of Biological*

and Chemical Science, 7(2): 672-695, ISSN 1991-8631.

Luka E.G., Yahaya H. 2012. Sources of awareness and perception of the effects of climate change among sesame producers in the southern agricultural zone of Nasarawa State, Nigeria. *Journal of Agricultural Extension*, 16(2): 134-143.

MacCarthy D.S., Vlek P. L. G., 2012. Impact of climate change on sorghum production under different nutrient and crop residue management in semi-arid region of Ghana: a modelling perspective. *African Crop Science Journal*, 20(2): 243 - 259.

Nwalieji H. U., Uzuegbunam C. O. 2012. Effect of climate change on rice production in Anambra State, Nigeria. *Journal of Agricultural Extension*, 16(2): 81-91.

Nyanga H., Johnsen F. H., Aune J. B. 2011. Smallholder farmers' perceptions of climate change and conservation agriculture: evidence from Zambia. *Journal of Sustainable Development*, 4(4): 73-85.

Odada E. O., Scholes R.J., Noone K., Mbow C., Ochola W.O. 2008. A strategy for Global Environmental Change Research in Africa. Science Plan and Implementation Strategy, IGBP Secretariat, Stockholm.

Orou wari B. 2011. Village participatory mapping in the Districts of Sam, Sonsoro and Donwari as part of the development of the PDC of Kandi. Dissertation for Masters Option: Land Use Planning, FLASH/ UAC, 75p.

Ricau P., 2013. Knowing and Understanding the International Cashew Market, Rongead Publication, Available on the website: www.rongead.org, 49p.

Sivakumar M.V.K., Das H.P., Brunini O. 2005. Impacts of present and future climate variability and change on agriculture and forestry in the arid and semi-arid tropics. *Climatic Change* 70:31-72.

Srivastava A. K., Gaisera T., Paethb H., Ewertc F. 2012. The impact of climate change on Yam (*Dioscorea alata*) yield in the savanna zone of West Africa. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 153: 57-64.

Uguru M. I., Baiyeri K. P., Aba S. C. 2011. Indicators of climate change in the derived savannah niche of Nsukka, South eastern Nigeria. *Journal of Tropical Agriculture, Food, Environment and Extension*, 10(1): 17 -26.

Weidinger R., Tandjiékpon A. 2014. Climate change and its impacts on cashew production. Paper at ITAACC/ACI-GIZ, (Grants for Innovation Transfer into Agriculture Adaptation to Climate Change), Cotonou 19-20 March 2014.



EFFICIENCES AGRONOMIQUES ET NUTRITIONNELLES DUES À L'APPLICATION DES NUTRIMENTS SUR L'ANACARDIER (*ANACARDIUM OCCIDENTALE L.*) AU BÉNIN

Balogoun I.^{1,2*}, Montcho T.R.¹, Biau O.D.B.¹, Saïdou A.¹, Ahoton E.L.³, Ahanchede A.³

¹) Unité de Recherche Gestion Intégrée des Sols et des Cultures, Laboratoire des Sciences du Sol, Ecole des Sciences et Techniques de Production Végétale, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 03 BP 2819 RP Cotonou, BENIN.

²) Unité de Recherche en Sciences du Sol, Laboratoire de Sciences Végétales, Horticoles et Forestières, Université Nationale d'Agriculture (UNA), BP 43, Kétou, BENIN

³) Laboratoire de Biologie Végétale, Ecole des Sciences et Techniques de Production Végétale, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 03 BP 2819 RP Cotonou, BENIN

*Auteur correspondant : BALOGOUN Ibouaïman, Tél : (+229) 97 60 45 98 / 95 56 55 85 ; Email: iboualagoun@gmail.com

Résumé

L'anacardier est cultivé au Bénin sans engrais avec des conséquences néfastes sur la durabilité des systèmes de production. La présente étude vise à évaluer les efficacités agronomiques, de recouvrement et physiologique dues à l'application des différentes fumures sur l'anacardier suivant les catégories d'âge des arbres. A cet effet, des arbres de quatre et huit ans d'âge ont été fertilisés au cours de deux campagnes de production dans les plantations paysannes du village d'Adourékoman (Commune de Glazoué) au centre Bénin. Les traitements considérés étaient : témoin absolu sans application d'engrais, fumure minérale et fumure organo-minérale. Les exportations de nutriments et les efficacités d'utilisation des nutriments par les pommes et les noix (amandes et coques) de l'anacardier ont été les principaux paramètres testés. L'azote est le nutriment le plus prélevé par les arbres tant au niveau des noix (en moyenne 75,71 et 112,43 g de N/arbre respectivement pour les arbres de 4 et 8 ans au démarrage de l'essai) qu'au niveau des pommes (en moyenne 173,85 et 199,06 g de N/arbre respectivement pour les arbres de 4 et 8 ans au démarrage de l'essai). L'apport de la fumure organo-minérale a le plus influencé la quantité totale de nutriment mobilisée aussi bien dans les pommes que dans les noix cajou quel que soit l'âge des arbres. Les efficacités agronomiques et les efficacités de recouvrement les plus élevées sont obtenues au niveau des arbres ayant reçu la fumure organo-minérale (21,15 g/g ; 22,25 g/g ; 1,99 g/g ; 2,97 g/g pour l'efficacité agronomique et 32,13% ; 28,25% ; 12,56% ; 17,75% pour l'efficacité de recouvrement). La fumure organo-minérale a par contre induit les plus faibles valeurs d'efficacité physiologique. La valorisation des pommes de cajou permettra d'améliorer considérablement le niveau de revenu des producteurs de l'anacardier.

Mots clés : Fertilité des sols, plantation d'anacardier, efficacités, nutrition des plantes, gestion intégrée des sols.

Introduction

L'anacardier (*Anacardium occidentale L.*) occupe environ 5,35 millions d'hectares de plantation en 2011 de par le monde (FAO, 2014). Au Bénin, l'anacardier représente actuellement la deuxième culture d'exportation après le cotonnier (Yabi et al., 2013 ; Balogoun et al., 2014). Le pays a occupé en 2011, la sixième place au plan mondial avec environ 3,8 % du volume de noix produites et le troisième rang des pays ouest-africains après le Nigeria et la Côte d'Ivoire (FAO, 2014). Malgré la situation favorable au développement de la culture au Bénin, un grand nombre de contraintes freinent encore le développement de la filière en amont. Il ressort de l'étude réalisée par Balogoun et al. (2014) que les pratiques actuelles de gestion des plantations à savoir l'irrégularité de l'entretien des plantations et le très faible niveau d'utilisation des engrais ne permettent pas une augmentation significative de la productivité en pomme et en noix de l'anacardier au Bénin. Ainsi, les rendements actuels de production sont moins de 300 kg/ha (Balogoun et al., 2014). La production est alors strictement minière avec une quasi-inexistence d'apport d'intrants tels que les engrais pour l'amélioration de la fertilité des sols. Face à cette situation, plusieurs solutions ont été proposées notamment celle de la fertilisation de l'anacardier. Elles permettront non seulement d'améliorer la productivité des sols, mais surtout l'amélioration des rendements en noix et pommes (Biau, 2014). L'amélioration de la productivité des noix et l'exportation des nutriments nécessitent une gestion intégrée de la fertilité des sols en vue de rendre la production compétitive.

Fernandopulle (2000) a montré que l'application régulière des éléments nutritifs majeurs (azote, phosphore et potassium) est bénéfique pour l'hygiène des arbres et l'augmentation du rendement de l'anacardier. Cependant, dans un contexte d'agriculture durable, l'on ne doit pas se limiter à une simple recommandation d'engrais aux cultures mais plutôt à l'optimisation de l'utilisation des éléments minéraux par les cultures (Malcolm, 2011). La non utilisation ou l'utilisation non équilibrée, inadéquate ou excessive des engrais est l'une des causes majeures de la faiblesse des rendements obtenue dans la plus part des pays africains (Doberman, 2007).

L'inefficacité de l'utilisation des nutriments contenus dans les engrais contribue à l'épuisement des ressources financières, une augmentation des coûts de production et de potentiels risques environnementaux (Tarekegne et Tanner, 2001). Cela implique l'amélioration de l'efficacité d'absorption et la détermination de l'efficacité d'utilisation des nutriments par les cultures, d'où la nécessité de déterminer les efficacités (Janssen, 1998). L'efficacité d'utilisation des nutriments est un concept important pour l'évaluation des systèmes de production en général et peut être significativement affectée par les pratiques de gestion des engrais appliqués (Fixen et al., 2014).

L'efficacité d'utilisation des nutriments par une plante peut être définie comme le rendement par unité de fertilisant appliqué ou en terme de recouvrement du fertilisant appliqué (Malcolm, 2011). En effet, tous les nutriments contenus dans les fertilisants appliqués aux cultures ne sont pas prélevés par les cultures. La différence entre l'efficacité de prélèvement et l'efficacité d'utilisation des nutriments peut être associée à une meilleure géométrie racinaire, la capacité de plante à pouvoir prélever les nutriments à partir des faibles concentrations qui se trouvent dans le sol, l'habileté de la plante à pouvoir solubiliser les nutriments au niveau de la rhizosphère, un meilleur transport, une répartition des nutriments à l'intérieur de la plante (Baligar et al., 2001 ; Fageria et Barbosa Filho, 2001 ; Fageria et Baligar, 2003). Ainsi, dans une perspective de mesure de l'efficacité de la fertilisation, la détermination de la quantité de nutriment réellement absorbé et celle contribuant

à la formation des différents produits de l'anacardier s'avèrent judicieuses. A cet effet, la détermination des efficacités agronomiques et les efficacités liées aux prélèvements des différents nutriments contenus dans les fertilisants appliqués permettra d'une manière ou d'une autre d'analyser la rentabilité due à l'apport des fertilisants, la réduction des potentiels risques de pertes (sources de pollutions) et l'augmentation soutenue des rendements.

Par ailleurs, l'apport d'engrais aux plantations d'anacardier tout en respectant les doses et les techniques d'apport permettra à notre pays, le Bénin d'être parmi les cinq premiers pays exportateurs de noix au plan mondial et d'occuper le premier rang des pays ouest-africains en terme de qualité de la production. De plus, l'évaluation des différentes efficacités permettra d'analyser la rentabilité des différentes pratiques de fertilisation qui seront proposées aux producteurs et l'équilibre nutritionnel interne de la plante. Mais force est de constater qu'il existe très peu voire aucune étude relative à l'évaluation des efficacités des engrais appliqués sur l'anacardier au Bénin. Les rares études de mesure d'efficacité n'ont été réalisées uniquement que sur les cultures annuelles notamment les céréales. La présente étude contribuera à combler ce déficit.

I. MATERIEL ET METHODES

I.1 Description du milieu d'étude

La présente étude a été conduite au centre du Bénin dans le village de Adourekoman (Commune de Glazoué) située à 7°91'58" de latitude Nord et à 2°27'30" de longitude Est et à 152 m d'altitude. La commune de Glazoué a été choisie suivant l'importance des superficies emblavées pour l'anacardier et la production de noix au Bénin. La zone d'étude est sous l'influence du climat de transition entre le subéquatorial au Sud et le soudanien au Nord. La pluviométrie moyenne annuelle varie de 960 à 1256 mm et la température moyenne annuelle varie entre 24 et 29°C (Balogoun et al., 2016). Les sols sont majoritairement de types ferrugineux tropicaux lessivés formés sur des roches cristallines du Précambrien (granite et gneiss) classés comme Ferric Lixisol (FAO, 1990). Les caractéristiques chimiques du sol avant l'installation de l'essai sont consignées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques chimiques (moyenne ± erreurs standards) du sol du site expérimental avant l'installation de l'essai

Profondeur de sol (cm)	pH(eau)	pH(KCl)	C-Organique (g/kg)	N Total (g/kg)	P Bray1 (mg/kg)	K éch (cmol/kg)
0-20	6,31±0,04	5,39±0,05	11,09±0,47	1,25±0,08	39,14±5,58	0,86±0,05
20-40	6,35±0,04	5,44±0,05	8,27±0,33	0,93±0,08	39,24±5,50	0,82±0,04
40-60	6,37±0,05	5,33±0,05	6,68±0,33	0,97±0,08	42,77±6,07	0,85±0,04

I.2 Matériels utilisés

Des engrais minéraux simples : KCl (60% de K₂O), super triple phosphate (46% P₂O₅) et urée (46% N), ont été utilisés pour la fertilisation des arbres d'anacardier. Le fumier constitué de déjections bovines a été utilisé comme fumure organique compte tenu de sa disponibilité en quantité dans la zone d'étude. Une balance électronique (de marque Tefa et de portée 3 kg) a été utilisée pour peser les engrais minéraux. Une balance de marque Weiheng de portée 40 kg pour peser les noix et les pommes et une balance de poche à ressort de portée 50 kg pour peser le fumier.

I.3 Choix des plantations et installation des essais

Les arbres étudiés ont été identifiés à la suite d'un inventaire forestier des plantations d'anacardier réalisé de juin à juillet 2013 (Chabi Sika et al., 2015). Ils ont été choisis en tenant compte de l'uniformité de l'âge des arbres du fait que les doses d'engrais recommandées sont fonction de l'âge des arbres. Ainsi, des arbres de 4 et 8 ans ont été sélectionnés au cours de la première saison (2013-2014). Cela voudrait dire que ces arbres sont âgés respectivement de 5 et 9 ans au cours de la deuxième saison (2014-2015). Les informations sur l'âge des plantations d'anacardier ont été fournies par le producteur sur la base de la date de repiquage des plants achetés auprès des pépiniéristes de la région. Douze arbres par catégorie d'âge ont été choisis à titre de répétition pour la collecte des données. Trois traitements présentés ci-dessous ont été considérés :

T0 : Plants témoins sans apport d'engrais ;

T1 : Plants fertilisés avec l'engrais minéral ;

T2 : Plants fertilisés avec l'engrais minéral et organique (fertilisation organo-minérale).

Le tableau 2 présente les quantités de fertilisants apportées par arbre selon les âges.

Tableau 2 : Doses de fertilisants et quantités d'engrais minéraux apportées par arbre d'anacardier considérant l'âge des plantations pour le traitement T1

Saison de production	Ages des plantations (années)	Doses de nutriments (g/arbre)*			Quantités (g) d'engrais minéral simple apportées par arbre		
			P	K	Urea	TSP	KCl
2013-2014	4	289	217	144	628	1081	290
	8	364	273	364	791	1360	731
2014-2015	5	356	267	178	774	1330	357
	9	364	273	364	791	1360	731

* Source: Tandjiékpon et al (2005)

L'unité expérimentale était constituée de 2 catégories d'âges x 3 traitements x 12 répétitions, soit au total 72 arbres. Les doses des nutriments appliquées sont celles recommandées par les services de vulgarisation pour l'anacardier au Bénin (Tandjiépkon et al., 2005). Le calcul de la quantité de fumier apportée a été fait sur la base de sa composition chimique. La teneur en nutriments du fumier utilisée se présente comme suit : N-total (3,29 g/kg), C-organique (255,41 g/kg), K (48,24 g/kg) et P (1,22 g/kg). La dose d'engrais organique apportée pour le traitement T2 a été calculée dans l'hypothèse d'un apport équitable des nutriments majeurs sous la forme minérale et organique. A cet effet, les calculs ont été faits considérant la composition en nutriments du fumier, la quantité de nutriments apportée sous la forme d'engrais minéral au niveau du traitement T1 et du taux moyen de minéralisation annuelle de 2% en zone tropicale (Pieri, 1989). Le complément de nutriments majeurs (N, P et K) par rapport à l'équivalent du traitement T1 a été fait sous la forme d'engrais minéral. Pour y parvenir, des engrais simples (urée 46% N ; TSP 46% P₂O₅ et KCl 60% K₂O) ont été utilisés. Le tableau 3 présente les quantités de fumier bovin apportées par arbre et par catégorie d'âge pour le traitement T2.

Tableau 3 : Quantités de fumier de bovin apportées et teneur en fertilisants par arbre considérant l'âge des plantations pour le traitement T2

Saison de production	Age des plantations (années)	Quantité de fumier apportée (kg/arbre)	Complément par les engrais minéraux (g/arbre)			Quantités d'engrais (g) apportées par arbre		
				P	K	Urée	TSP	KCl
2013-2014	4	355,5	205,1	194,04	35,93	445	965	71
	8	589,5	222,75	234,92	184,8	484	1170	372
2014-2015	5	355,5	272,1	244,04	69,93	592	1215	140
	9	589,5	222,75	234,92	184,8	484	1170	372

1.4 Conduite des essais

Avant l'apport des engrais, un profil racinaire a été réalisé au niveau de certains arbres pour apprécier la distribution racinaire. La plupart des racines se trouvait dans un rayon de 1,5 m du tronc et distribuée entre 35-40 cm de profondeur. Ainsi, l'application de l'engrais a été faite sous la forme de couronne autour des arbres sur un diamètre de 3 m et une profondeur de 40 cm sur la base des résultats de l'observation du profil racinaire. Puis les trous d'application ont été refermés afin de limiter les pertes par volatilisation et par lessivage.

1.5 Méthodes de collecte des données

Les paramètres de rendement mesurés ont concerné les poids des noix et des pommes cajou, par arbre. L'estimation des rendements en noix et en pommes par arbre a été faite pendant toute la période de production de fruits et ceci au cours des saisons de production 2013-2014 et 2014-2015. Ainsi, les noix ont été quotidiennement ramassées puis pesées séparément pour la détermination de la production par arbre. Le ratio poids pommes/poids noix a été calculé à partir des 10 fruits choisis au hasard afin de déterminer le poids des pommes à partir du poids total des noix.

1.6 Analyses chimiques des produits d'anacardier

Les échantillons de pommes et de noix récoltées ont été constitués, pré séchés au soleil sur le terrain puis à l'étuve à 65°C au laboratoire des Sciences du sol de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi. Compte tenu de leur nature périssable, les pommes, ont été dans un premier temps découpées en lamelles avant le pré séchage au soleil afin de réduire leur teneur en eau. Ensuite, un séchage à l'étuve a été effectué jusqu'à poids constant (96 heures). Les échantillons de noix ont été décortiqués pour la récupération des amandes et des coques. Les amandes et les coques ont été mises séparément dans les enveloppes en papier puis pesées. Chaque partie du fruit a été broyée à l'aide d'un mortier en fer pour les analyses au laboratoire. Au total, 72 échantillons par type de produits (pommes, amandes et coques) ont été constitués. Les analyses ont été effectuées au Laboratoire des Sciences du Sol, Eau et Environnement de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (LSSEE/INRAB) accrédité ISO 17025 et ont porté sur la détermination :

- de l'azote total par la méthode de Kjeldahl, consistant en une digestion humide en présence de H₂SO₄ et du sélénium. Après digestion, le substrat est distillé par entraînement de la vapeur en présence de NaOH 1N suivi d'une titration avec l'acide sulfurique (H₂SO₄) 0,1 N;
- du phosphore total par la méthode de Duval consistant à la calcination de l'échantillon à 550°C pendant une nuit. La cendre est recueillie dans une solution de HNO₃ 1N, l'ensemble est légèrement chauffé puis filtré dans une fiole. Le filtrat est coloré avec le molybdate d'ammonium en présence de l'acide ascorbique et l'intensité de la coloration est déterminée par colorimétrie à la longueur d'onde de 660 nm ;
- du potassium, calcium et magnésium total par Spectrophotométrie à Absorption Atomique. Le reste des extraits obtenus à partir de la cendre recueillie dans la solution de HNO₃ 1N a été utilisé pour ces déterminations.

1.7 Détermination des exportations de nutriments par les différents produits de l'anacardier

Les quantités totales de nutriments exportées dans les pommes et les noix (amandes et coques) considérant l'âge des arbres et les différents traitements ont été déterminées en multipliant les teneurs en nutriments (des pommes et des noix) par le rendement en pomme et en noix de chaque arbre (Abegaz, 2008). Pour la pomme, les exportations des nutriments de la pomme en g/kg de matières fraîches ont été estimées à partir de la teneur en eau moyenne des pommes qui est 87,5% (Lautié et al. 2001 ; Soro, 2012). Ainsi, les exportations de nutriments ont été calculées suivant :

$$U_x = Y_y \cdot T_x$$

avec U_x , l'exportation du nutriment x dans le produit y (g de nutriment x exporté par arbre).

Y_y , le rendement du produit y (kg/arbre) ;

T_x , la teneur en nutriment x du produit y (g de nutriment x par kg du produit y).

1.8 Calcul des efficacités des nutriments des différents produits de l'anacardier

Les efficacités déterminées dans le cadre de la présente étude sont : l'efficacité agronomique (EA), l'efficacité de recouvrement (ER) et l'efficacité de l'utilisation du nutriment (EU).

L'efficacité agronomique (EA) des nutriments N, P et K a été calculée pour chaque produit (pomme et noix) considérant les différents traitements et les catégories d'âge des arbres suivant la formule de Doberman (2007) :

$$EA_x = (Y_T - Y_0) / F_x$$

avec :

EA_x : Efficacité agronomique du nutriment x pour le produit y (g de produit y par g de nutriment x par arbre)

Y_T : Rendement du produit y obtenu au niveau des arbres fertilisés (g/arbre)

Y_0 : Rendement du produit y obtenu au niveau des arbres témoins non fertilisés (g/arbre)

F_x : Quantité totale de nutriment x apporté (kg/arbre).

L'efficacité de recouvrement (ER) des nutriments N, P et K a été calculée pour chaque produit (pomme et noix) considérant les différents traitements et les catégories d'âge des arbres suivant la formule développée par Doberman (2007). Il s'agit d'une efficacité partielle car elle ne prend pas en compte les nutriments se trouvant au niveau de la biomasse. L'anacardier étant une espèce pérenne, on assiste à un recyclage des nutriments contenus dans les feuilles sous forme de litière au profit de l'arbre. L'efficacité de recouvrement (ER) a été déterminée par la formule :

$$ER_x = (U_x - U_0) / F_x$$

avec :

ER_x : Efficacité de recouvrement du nutriment x pour le produit y (g de nutriment x exporté par g de nutriment x appliqué)

U_x : la quantité totale de nutriment x prélevée par le produit y au niveau des arbres fertilisés (g nutriment x exporté par arbre)

U_0 : la quantité totale de nutriment x prélevée par le produit y au niveau des arbres non fertilisés (g nutriment x exporté par arbre)

F_x : Quantité totale de nutriment x appliqué (g/arbre).

L'efficacité de l'utilisation des nutriments N, P et K a été calculée pour chaque produit (pomme et noix) considérant les différents traitements et les catégories d'âge des arbres par la formule développée par Janssen (1998).

$$EU_x = EA_x / ER_x$$

avec :

EU_x : Efficacité de l'utilisation du nutriment x (kg de produit y par g de nutriment x exporté)

EA_x : Efficacité agronomique du nutriment x (kg de produit y par g de nutriment x appliqué)

ER_x : Efficacité de recouvrement du nutriment x (g de nutriment x exporté par g de nutriment x appliqué).

1.9 Analyses statistiques des données

Le logiciel Microsoft Excel (version 10) a été utilisé pour la saisie et le traitement des données. Les analyses de la variance ont été effectuées à partir du modèle linéaire général du logiciel Statistical Analysis System (SAS version 9.2). Pour les rendements en noix et pommes, le modèle d'analyse de variance utilisé est un modèle mixte à deux facteurs (saison de production et type d'engrais) par catégorie d'âge des arbres au démarrage de l'essai. Par rapport à la concentration des nutriments dans les pommes, les amandes et les coques de la campagne 2014-2015, le modèle d'analyse de variance utilisé est le modèle fixe à deux facteurs (âge de l'arbre et type d'engrais). Le test de Student Newman-Keuls au seuil de 5% a été utilisé pour la comparaison des moyennes.

Du fait que ce sont les moyennes générales obtenues pour les différents types de fumure au niveau des rendements noix et les concentrations des nutriments dans les noix qui ont été utilisées pour les estimations des exportations et des efficacités, aucune analyse statistique n'a été faite pour ces exportations et efficacités.

2. RESULTATS

2.1 Effet des différents types d'engrais sur les exportations de nutriments au niveau des noix et des pommes suivant les catégories d'âges des arbres

Le Tableau 4 présente les quantités totales de N, P et K exportées dans les pommes et les noix cajou suivant l'âge et les types de fumures appliqués. En général, les quantités totales de nutriments exportées dans les pommes et les noix varient d'un nutriment à un autre selon

les types de fumure et l'âge des arbres. Les quantités de nutriment mobilisées dans les pommes fraîches sont largement supérieures à celles déterminées dans les noix. L'azote est le nutriment le plus prélevé par les arbres tant au niveau des noix (en moyenne 75,71 et 112,43 g de N/ arbre respectivement pour les arbres de 4 et 8 ans au démarrage de l'essai) qu'au niveau des pommes (en moyenne 173,85 et 199,06 g de N/ arbre respectivement pour les arbres de 4 et 8 ans au démarrage de l'essai). Le phosphore par contre est faiblement mobilisé aussi bien dans les noix (en moyenne 0,44 et 1,40 g de P/arbre respectivement pour les arbres de 5 et 9 ans) que dans les pommes cajou (en moyenne 0,55 et 2,50 g de P/arbre respectivement pour les arbres de 4 et 8 ans au démarrage de l'essai).

Quels que soient l'âge des arbres, l'apport de la fumure organo-minérale avait le plus influencé la quantité totale de nutriment mobilisée aussi bien dans les pommes que dans les noix cajou. Ainsi, au niveau des arbres de 4 ans, la fertilisation organo-minérale a induit les plus importantes quantités de N et P mobilisées dans les pommes et les noix cajou (234,13 et 97,12 g de N/arbre respectivement pour les pommes et les noix contre 0,59 et 0,83 g de P/arbre respectivement pour les pommes et les noix). Par contre, la fumure minérale a induit des exportations élevées de K dans les pommes (0,85 g de K/arbre).

Au niveau des arbres de 8 ans (saison de production 2014-2015), les exportations de N les plus élevées ont été obtenues avec la fumure organo-minérale (260,36 et 143,94 g de N/arbre respectivement pour les pommes et les noix). Par contre, les plus importantes exportations de P ont été induites par la fumure minérale (3,40 et 1,84 g de P/arbre respectivement pour les pommes et les noix). Les plus grandes quantités de K mobilisées dans les pommes ont été induites par la fumure organo-minérale (37,25 g de K/arbre) tandis que la fumure minérale avait induit la forte mobilisation de K dans les noix (9,24 g K/arbre).

Tableau 4 : Quantités totales de N, P et K mobilisées (g/arbre) dans les pommes et les noix selon l'âge des arbres au démarrage de l'essai et les types de fumure appliqués

Ages	Traitements	Pommes			Noix		
		N	P	K	N	P	K
4 ans	Témoin	119,76	0,53	6,95	52,40	0,23	3,27
	Fumure minérale	167,65	0,52	8,85	77,60	0,25	2,35
	Fumure organo-minérale	234,13	0,59	8,32	97,12	0,83	4,52
8 ans	Témoin	157,53	0,98	13,78	79,34	0,66	4,38
	Fumure minérale	179,29	3,40	34,96	114,01	1,84	9,24
	Fumure organo-minérale	260,36	3,12	37,25	143,94	1,69	8,35

2.2 Efficacités agronomiques, de recouvrement et de l'utilisation des nutriments dues à l'application des différentes fumures sur l'anacardier suivant les catégories d'âge des arbres

Le Tableau 5 présente les résultats de l'efficacité agronomique, l'efficacité de recouvrement et l'efficacité de l'utilisation de chaque nutriment (N, P et K) en fonction des pommes et noix récoltées au niveau des arbres selon les âges des arbres et des fumures appliquées.

Il ressort de l'analyse des résultats du tableau que les pommes ont une efficacité agronomique nettement supérieure à celle des noix quels que soient le type de nutriment, l'âge des arbres et le type de fume appliqué. En considérant, les âges des arbres et les différents nutriments, l'efficacité agronomique du K est plus élevée chez les arbres de 4 ans (1 g de K appliqué induit une augmentation de rendement variant entre 29,38 g et 42,30 g au niveau des pommes et 2,58 à 3,99 g au niveau des noix) comparativement aux N et P par contre, au niveau des arbres de 8 ans l'efficacité agronomique du P, est plus élevée que celle de N et K (1 g de P appliqué induit une augmentation de rendement variant entre 15g et 29g au niveau des pommes et 1,72 à 3,96 g au niveau des noix). En considérant le type de produit, le type de fumure et le type de nutriment, la fumure organo-minérale permet d'obtenir les efficacités agronomiques supérieures à celle de l'application de la fumure minérale quel que soit le nutriment et le type de produit (noix et pomme).

Il ressort également des résultats du tableau que les pommes ont une efficacité de recouvrement supérieure à celle des noix quels que soient l'âge des arbres et le type de fumure appliqué. De plus, l'efficacité de recouvrement de N est nettement plus élevée que celle de P et K (0,06 à 0,32 g de N exporté pour 1 g de N appliqué contre 10^{-4} à $8,8.10^{-3}$ g de P exporté pour 1 g de P appliqué et 5.10^{-4} à $6,45.10^{-2}$ g de K exporté pour 1 g de K appliqué).

Dans les pommes, la forte valeur de l'efficacité de recouvrement de N a été obtenue au niveau des arbres de 4 ans ayant reçu la fumure organo-minérale (0,32 g de N exporté pour 1 g de N appliqué). Par contre, la plus forte valeur de l'efficacité de recouvrement de P a été obtenue au niveau des arbres de 8 ans ayant reçu la fumure minérale ($8,8.10^{-3}$ g de P exporté pour 1 g de P appliqué). La forte valeur de l'efficacité de recouvrement de K a été obtenue au niveau des arbres de 8 ans ayant reçu la fumure organo-minérale ($6,45.10^{-2}$ g de K exporté pour 1 g de K appliqué).

En ce qui concerne les noix, la plus forte valeur de l'efficacité de recouvrement de N a été obtenue au niveau des arbres de 8 ans ayant reçu la fumure organo-minérale (0,18 g de N exporté par g de N appliqué). Par contre, la plus forte valeur de l'efficacité de recouvrement de P a été obtenue au niveau des arbres de 8 ans ayant reçu la fumure minérale ($4,3.10^{-3}$ g de P exporté pour 1 g de P appliqué). La plus forte valeur de l'efficacité de recouvrement de K a été obtenue au niveau des arbres de 8 ans ayant reçu la fumure minérale ($1,34.10^{-2}$ g de K exporté pour 1 g de K appliqué).

Les pommes ont en général une efficacité de l'utilisation des nutriments supérieure à celles des noix. De plus, l'efficacité de l'utilisation du P est nettement plus élevée que celle de N et K (1 g de phosphore prélevé et retrouvé dans les pommes/noix a induit une augmentation de rendement variant entre 1,78 à 117,08 kg de pommes/arbre et 0,66 à 23,23 kg de noix/arbre). Dans les pommes, la plus forte valeur de l'efficacité d'utilisation de N a été obtenue au niveau des arbres de 8 ans ayant reçu la fumure minérale (0,20 kg de pommes par g de N appliqué). Par contre, les plus fortes valeurs de l'efficacité de l'utilisation des nutriments P et K ont été obtenues au niveau des arbres de 4 ans ayant reçu la fumure organo-minérale (117,08 kg de pommes par g de P exporté et 5,49 kg de pommes par g de K exporté). En ce qui concerne les noix, les plus fortes valeurs de l'efficacité de l'utilisation des nutriments P et K ont été obtenues au niveau des arbres de 4 ans ayant reçu

Type of products	Age	Type of fertiliser	Agronomic efficiency (g/g)			Recovery efficiency (%)			Physiological efficiency/use (kg/g)		
			N	P	K	N	P	K	N	P	K
Apple	4 years	Mineral manure	14,69	19,59	29,38	13,45	0,03	1,07	0,11	67,49	2,75
		Organo-mineral fertiliser	21,15	28,20	42,30	32,13	0,02	0,77	0,07	117,08	5,49
	8 years old	Mineral manure	11,81	15,75	11,81	5,98	0,88	5,82	0,20	1,78	0,20
		Organo-mineral fertiliser	22,25	29,67	22,25	28,25	0,78	6,45	0,08	3,80	0,35
Nuts	4 years	Mineral manure	1,29	1,72	2,58	7,08	0,01	0,05	0,02	23,23	5,04
		Organo-mineral fertiliser	1,99	2,66	3,99	12,56	0,22	0,70	0,02	1,18	0,57
	8 years old	Mineral manure	2,14	2,86	2,14	9,52	0,43	1,34	0,02	0,66	0,16
		Organo-mineral fertiliser	2,97	3,96	2,97	17,75	0,38	1,09	0,02	1,05	0,27

la fumure organo-minérale (23,23 kg de noix par g de P exporté et 5,04 kg de noix par g de K exporté).

Tableau 5 : Effet des différentes fumures sur les efficacités agronomique, efficacités de recouvrement et physiologique des pommes et noix suivant les âges des arbres

3. Discussion

3.1 Fertilisation et amélioration des exportations de nutriments des produits de l'anacardier

Les résultats de la présente étude ont montré d'une part que les quantités totales de nutriments exportés par les pommes sont plus élevées que celle des noix et d'autre part, que l'azote est le nutriment le plus prélevé par les arbres. Ces résultats s'expliquent par le fait que les rendements en pommes sont plus élevés que les rendements en noix, l'exportation étant le produit du rendement par la teneur en nutriment des produits (Samaneh et al., 2014). Le fait que l'azote soit le nutriment le plus prélevé par les arbres s'explique par la forte demande exprimée par les arbres par rapport à ce nutriment et de la disponibilité dudit nutriment dans le sol (Mossedaqq, 1999). Le phosphore reste le nutriment le plus faiblement retrouvé dans les pommes et les noix malgré que l'apport de la fumure organo-minérale a considérablement amélioré les propriétés chimiques du sol notamment en carbone, azote, potassium et phosphore quel que soit l'âge des arbres (Balogoun, 2016). Cependant, on ne peut pas dire directement à travers ces résultats que tout ce qui est appliqué au sol comme phosphore n'est presque pas prélevé par les arbres car les pommes et noix de cajou occupent moins de 10% de la production totale de matière sèche (Richards, 1993).

La fumure organo-minérale a amélioré les quantités totales de nutriments exportées surtout pour les arbres de 8 ans. Ceci s'explique par une meilleure disponibilité de ces éléments aux arbres à travers ces types de fumure et facilitant du coup leur absorption puisque l'absorption des éléments nutritifs est fonction de la disponibilité de celle-ci. Les pommes comparativement aux noix exportant la grande partie des nutriments contenues dans les engrais appliqués. Ces pommes nécessitent d'être mieux valorisées en vue de rentabiliser au mieux les engrais appliqués et le revenu monétaire des producteurs.

En général, les résultats de la présente étude montrent que les producteurs d'anacardier s'adonnent à une agriculture minière. Mais, compte tenu de la nature du sol des zones de culture de l'arbre, une application d'engrais organo-minéral permet de compenser durablement les exportations de nutriments des noix et pommes cajou.

3.2 Fertilisation et efficacités de l'utilisation des nutriments

Les résultats de la présente étude révèlent que les meilleures efficacités agronomiques ont été obtenues au niveau des arbres ayant reçu la fumure organo-minérale. Ceci pourrait s'expliquer par la capacité de ce type de fumure à assurer une disponibilité dans le temps des nutriments aux arbres facilitant ainsi une nutrition minérale maximale et un risque de réduction de perte de nutriment par lessivage.

L'efficacité de recouvrement de N obtenue est nettement plus élevée que celle de P et K. Ces résultats peuvent s'expliquer par un prélèvement rapide de N par les arbres comparativement aux P et K. En effet, le N est un des éléments les plus utilisés par les plantes (Bado, 2002). Ces résultats de l'efficacité d'utilisation de l'azote restent cependant faible comparativement aux valeurs de 51%, 50%, 30 à 35% trouvées respectivement par Doberman (2007), Cantarella (2007) et Fan et al. (2004) pour les céréales. Par contre, les valeurs obtenues sont proches de celles trouvées par Quaggio et al. (2005), Chien et al. (2009) au niveau des espèces pérennes comme le citronnier (25 à 50%). Les résultats de l'efficacité physiologique démontrent qu'elle est plus élevée pour le P comparativement au N et K. Ceci peut s'expliquer par le fait que l'efficacité de recouvrement du P est le plus faible comparativement aux autres nutriments. Par la même occasion, malgré le fait qu'une efficacité de recouvrement plus élevée de N comparativement aux P et K était observée, présente les plus faibles valeurs d'efficacité de l'utilisation des nutriments. Ceci s'explique par les teneurs élevées en N des pommes et des noix. Les meilleures efficacités, que ce soit agronomique, recouvrement et physiologique/utilisation sont obtenues au niveau des arbres ayant été fertilisés avec la fumure organo-minérale, ce qui démontre la capacité de ce type d'engrais à assurer une meilleure nutrition minérale des arbres et ceci se justifie par une disponibilité dans le temps des nutriments suite à la minéralisation de la fraction organique.

Les pommes présentent en général une meilleure efficacité du point de vue agronomique, recouvrement et utilisation des nutriments comparativement à celles des noix. En effet, du point de vue agronomique, 1 g de N, P ou K apporté à l'anacardier permet d'obtenir une augmentation de 21 à 42 g de pommes par arbre, soit 2,1 à 4,2 kg/ha (avec une densité de 100 arbres/ha). Du point de vue utilisation des nutriments, 1 g de N, P ou K exporté, l'anacardier induit une augmentation de 120 kg de pommes par arbre environ, soit une augmentation de 12 tonnes/ha (avec une densité de 100 arbres/ha). La valorisation des pommes de cajou permettra d'améliorer considérablement le niveau de revenu des producteurs de l'anacardier.

Conclusion

Les exportations en nutriment suivent la même tendance avec cependant une exportation en azote plus élevée que celle des autres nutriments quelques soit le produit et l'âge des arbres. Les efficacités agronomique, de recouvrement et de l'utilisation des nutriments N, P et K sont meilleures au niveau des arbres ayant reçu la fumure organo-minérale. Une application d'engrais organo-minéral permet de compenser

durablement les exportations de nutriments des noix et pommes cajou.

Les pommes présentent en général une meilleure efficacité du point de vue agronomique, recouvrement et utilisation des nutriments comparativement à celles des noix. La valorisation des pommes de cajou permettra d'améliorer considérablement le niveau de revenu des producteurs de l'anacardier.

Remerciements

Les auteurs expriment leurs sincères remerciements au Programme de Fonds Compétitifs de Recherche (PFCR) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC) qui a financé les présents travaux de recherche à travers le projet «Biodiversité et valorisation agroalimentaire des produits de l'anacardier au Bénin (PROANAC)». Nos sincères remerciements vont également à l'endroit de la Fondation Internationale pour la Science (IFS en anglais) basée en Suède pour les ressources additionnelles à travers la bourse N° D/5767-1 pour la finalisation de cette étude.

Références bibliographiques

- Abegaz A., 2008. Indigenous soil nutrient supply and effects of fertilizer application on yield, N, P and K uptake, recovery and use efficiency of barley in three soils of Teghane, the Northern Highlands of Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research*, 3 (10): 688-699.
- Bado B.V., 2002. Role of legumes in the fertility of tropical ferruginous soils in the Guinean and Sudanian areas of Burkina-Faso. PhD thesis, Université de Laval, Québec, 197 p.
- Baligar V. C., Fageria N. K., He Z. L., 2001. Nutrient use efficiency in plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 32: 921-950.
- Balogoun I., 2016. Characterisation of edaphic and climatic factors for the improvement of cashew tree productivity in Benin. PhD thesis in Agricultural Sciences, University of Abomey-Calavi, Benin, 157 pages.
- Balogoun I., Ahoton E.L., Saïdou A., Bello D.O., Ezin V., Amadji L.G., Ahohuendo C.B., Babatoundé S., Chougourou C.D., Ahanchédé A., 2016. Effect of climatic factors on cashew (*Anacardium occidentale* L.) productivity in Benin (West Africa). *Earth Science and Climatic Change*, 7:1. <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7617.1000329>.
- Balogoun I., Saïdou A., Ahoton E.L., Amadji G.L., Ahohuendo C.B., Adebo I.B., Babatoundé S., Chougourou D., Adoukonou S.H., Ahanchédé A., 2014. Characterization of cashew-based production systems in the main growing zones in Benin. *Agronomie africaine*, 26 (1): 9-22.
- Biaou O.D.B 2014. Effect of organo-mineral fertilisation on arbuscular mycorrhizal fungal diversity and productivity of different cashew (*Anacardium occidentale* L.) morphotypes in Central Benin. Dissertation for Master of Science (Diplôme d'Etude Approfondie (DEA), Faculty of Agricultural Sciences, Université d'Abomey-Calavi 85p.
- Cantarella, H. 2007. Nitrogen. In R. F. Novais, V. H. Alvarez, N. F. Barros, R. L. F. Fontes, R. B. Cantarutti, and J. C. L. Neves (Eds.) "Soil Fertility". Brazilian Soil Science Society, Vic, osa, MG (in Portuguese), pp. 375-470.
- Chabi Sika K., Adoukonou-Sagbadja H., Ahoton L.E., Adebo I., Adigoun F.A., Saïdou A., Ahanchede A., Kotchoni S.O. and Baba-Moussa L., 2015. Morphological characterization and agronomic performances of cashew (*Anacardium occidentale* L.) accessions from Benin. *Journal of Agricultural and Crop Research*, 3(2): 27-40.
- Chien S. H., Prochnow L. I., Cantarella H., 2009. Recent developments of fertilizer production and use to improve nutrient efficiency and minimize environmental impacts. *Advances in Agronomy*, (102): 267-323.
- Doberman A., 2007. Nutrient use efficiency- measurement and management. 22 pp. Proc. of International Fertilizer Industry Association (IFA) Workshop on Fertilizer Best Management Practices. Brussels, Belgium. March 7-9, 2007.
- Fageria N. K., Baligar V. C., 2003. Methodology for evaluation of lowland rice genotypes for nitrogen use efficiency. *Journal of Plant Nutrition* 26: 1315-1333.
- Fageria N. K., Barbosa Filho M.P., 2001. Nitrogen use efficiency in lowland rice genotypes. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 32: 2079-2089.
- Fan X., Li F., Liu F., Kumar D., 2004. Fertilization with a new type of coated urea: Evaluation for nitrogen efficiency and yield in winter wheat. *Journal of Plant Nutrition* 27: 853-865.
- FAO, 1990. FAO-UNESCO Soil Map of the World. Revised Legend. Soils Bulletin No 60, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy, 199 p.
- FAO, 2014. FAO database 2011. Food and Agriculture Organization (FAO), Rome, Italy, <http://faostat3.fao.org>. Visited on 04 September 2014 at 13h.
- Fernandopulle M.N., 2000. Fertilizer use in cashew. *Cashew Bull*, 3(1): 1-6.
- Fixen P., Brentrup F., Bruulsema T., Garcia F., Norton R., Zingore S., 2014. Chapter 1. Nutrient/Fertilizer Use Efficiency: Measurement, Current Situation and Trends. IFA, IWMI, IPNI and IPI, April 2014 pp 1-30.
- Janssen H., 1998. Efficient use of nutrients: an art of balancing. *Field Crops Research*, 56 197-201
- Lautié E., M. Dornier, F. De Souza, M., Reynes M., 2001. "Cashew tree products: characteristics, valuation routes and markets." *Fruits* 56: 235-248.

Malcolm J.H. 2011. An Overview of Nutrient Use Efficiency and Strategies for Crop Improvement. In Malcolm J.H., Barraclough P.(eds). The Molecular and Physiological Basis of Nutrient Use Efficiency in Crops Plant Sciences. Department and Project Leader of the Nutrition Group at Rothamsted Research Book, UK. ISBN: 978-0-8138-1992-1. pp 5-20.

Mossedaqq F., Moughli L., 1999. Nitrogenous Fertilisation of Cereals: Case of Wheat in our and cereals. Technology Transfer in Agriculture. Monthly Newsletter of the PNTTA No. 62-November 1999

Quaggio J. A., Mattos D. Jr, Cantarella H., (2005). Soil fertility management in citrus. In "Citros" (D. Mattos Jr., J. D. Negri, R. M. Pio, and J. Pompeu Jr., Eds.), pp. 483-507. Instituto Agronomico, Campinas (in Portuguese)

Richards N.K., 1993. Cashew tree nutrition related to biomass accumulation nutrient composition and nutrient cycling in sandy red earths. Cashew Research in Northern Territory, Australian, 1987-1991. NT. Department of Primary Industry and Fisheries Technical Bulletin, 202: 50-64.

Soro D., 2012. Coupling of membrane processes for the clarification and concentration of cashew apple juice: Performance and impacts on product quality. Thesis for the award of the degree of Doctor of the international centre for advanced studies in agronomic sciences Montpellier Sup Agro Institut des régions chaudes pp.156

Tandjiékpon A., Teblekou K., Dah-Dovonon J. Z., N'djlosse K., Adjahouinou L. T., Midingoyi Jun S., 2005. Improving Cashew Production in Benin: Technological-Economic Benchmark, 2nd edition. Edition INRAB, ISBN 99919-57-28-6, 63 p.

Tarekegne A.T., Tanner D.G., 2001. Effects of fertilizer application on N and P uptake, recovery and use efficiency of bread wheat grown on two soil types in central Ethiopia. Ethiopian Journal of Natural Resource, 3: 219-244.

Yabi I., Yabi Biau F., Dadegnon S., 2013. Plant species diversity within cashew-based agroforests in the commune of Savalou, Benin. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 7(2): 696-706.



EVALUATION DU POTENTIEL DE GERMINATION ET DE DÉVELOPPEMENT EN PÉPINIÈRE DES GRAINES D'ANACARDE AU BÉNIN

Balogoun I*, Orou Bero E, Ogoudjobi S, L, Affagbe S and Moussa D

Unité de Recherche en Sciences du Sol, Laboratoire de Sciences Végétales, Horticoles et Forestières, Université Nationale d'Agriculture (UNA), BP 43, Kétou, BENIN

*Auteur correspondant : BALOGOUN Ibouaïman, Tel : (+229) 97 60 45 98 / 95 56 55 85 ; Email: iboualogoun@gmail.com

RESUME

L'anacardier est une culture importante à l'échelle mondiale et sa production participe au développement économique des pays producteurs. Dans le but d'évaluer le potentiel de germination et de développement en pépinière des graines d'anacarde, une expérimentation a été mise en place dans la commune de Kétou (département du Plateau). L'objectif était d'améliorer les performances agronomiques de l'anacardier à travers l'amélioration du taux de germination des graines d'anacarde. Pour ce faire, deux facteurs ont été étudiés : le type de graine (graine ramassée séchée ; graine ramassée non séchée ; graine cueillie séchée ; graine cueillie non séchée) et le type de traitement phytosanitaire fait aux graines (témoin sans traitement, traitement avec extrait aqueux de feuille de neem et traitement avec fongicide Momtaz) dont la combinaison a donné douze traitements répétés trois fois dans un dispositif en bloc aléatoire complet. Les données collectées au cours de l'expérimentation ont concerné le taux de germination, la hauteur des plants et le taux de mortalité des plants. Ces données ont subi une analyse de variance à deux facteurs et au test de Student Newman-Keul avec le logiciel R version 3.4.3. Les résultats ont montré que les taux de germination les plus élevés (73,33% et 83,33%) ont été obtenus respectivement avec les graines ramassées séchées et non séchées. Le faible taux de mortalité (13,33%) a été obtenu avec le traitement au fongicide Momtaz des graines ramassées et séchées. Cette étude préconise aux producteurs l'utilisation des graines ramassées séchées puis traitées au fongicide Momtaz pour la production des plantules d'anacardier. Ceci permettra d'avoir des plantules de bonne qualité avec une germination élevée et un faible taux de mortalité, gage d'une bonne productivité. Cette étude contribuera ainsi à la connaissance des traitements phytosanitaires sous pépinières des plantules d'anacardier et du type de matériel végétal à utiliser en pépinière pour une meilleure production de l'anacardier au Bénin.

Mots clés : Pépinière, germination, traitement, fongicide, plantules d'anacardier.

INTRODUCTION

Du nom scientifique *Anacardium occidentale* L., l'anacardier est un arbre dont la production participe au développement socioéconomique de plusieurs pays du monde (FAO, 2014). C'est l'une des filières faisant partie des premières cultures d'exportation dans le monde (FAO, 2014). Au Bénin, l'anacardier est la deuxième culture rentable qui apporte des gains au pays après le coton et est également une source de revenu dans les autres pays de la sous-région (Koffi et Orou, 2019). Ainsi après le coton, l'anacardier représente la deuxième culture d'exportation au Bénin (Yabi et al., 2013 ; Balogoun et al., 2014). Selon Tokore et al. (2021), l'anacardier est utilisé au Bénin pour le reboisement et dans certains pays comme la Tanzanie, la Côte d'Ivoire, et le Nigéria. Au Bénin, il constitue une culture de devise économique depuis les années 1930. En effet, la production de l'anacardier est rentable, simple et facile à conduire (Balogoun et al., 2014). L'État béninois a alors pris à cœur le réaménagement de certaines filières comme celle de l'anacarde. Pour ce faire, les producteurs ont pris conscience de l'avantage de cette dernière entre temps délaissée au profit du Coton (Tokore et al., 2021). Par ailleurs, le Bénin fait partie de ces pays de la sous-région à avoir une haute valeur ajoutée à valoriser grâce à l'anacarde dans le cadre du Programme d'Action du Gouvernement (Balogoun et al., 2014 ; Yelouassi et al., 2021).

Malgré les avantages et utilités de la production d'anacarde au Bénin, les rendements en noix dans les champs de production demeurent faibles (Adégbola et al., 2005). Ce travail a été conduit dans le but de contribuer à l'accroissement de la production de l'anacarde dans la Commune de Kétou.

MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude

La présente étude a été effectuée dans la Commune de Kétou (Figure 1). La Commune de Kétou est située dans l'extrémité nord du département de Plateau entre les latitudes 7°10' et 7°41'17" Nord d'une part et les longitudes 2°24'24" et 2°47'40" Est d'autre part (IGN, 1963 ; INSAE, 2008). Elle couvre une superficie de 2.183 km² selon le RGPH4 (DGCS-ODD, 2019). Elle est limitée au Nord par la Commune de Savè, au Sud par les deux autres Communes du Plateau à savoir Adja-Ouèrè et Pobè, à l'Ouest par les Communes de Dassa et Zagnannado et à l'Est par le géant Nigéria (INSAE, 2008).

Le climat de Kétou est de type soudano-guinéen avec un régime pluviométrique bimodal à deux nuances (du Zou moyen et des plateaux du Sud) et deux saisons pluvieuses accompagnées de deux saisons sèches. La saison pluvieuse débute de mars à juillet et la petite saison sèche en août (INSAE, 2008 ; DGCS-ODD, 2019). La petite saison de pluie de septembre à octobre et une grande saison sèche de novembre à février.

La végétation est caractérisée par des savanes arborées de *Daniella oliveri*, de *Lophira lanceolata* de *Parkia biglobosa* et des forêts (Kétou Dogo) couvrant quarante-sept mille hectares environ (Bani, 2006). Il se trouve des sols appauvris faiblement désaturés, indurés, associés à de vastes nappes de cuirasses ferrugineuses portant une végétation rase (DGCS-ODD, 2019).

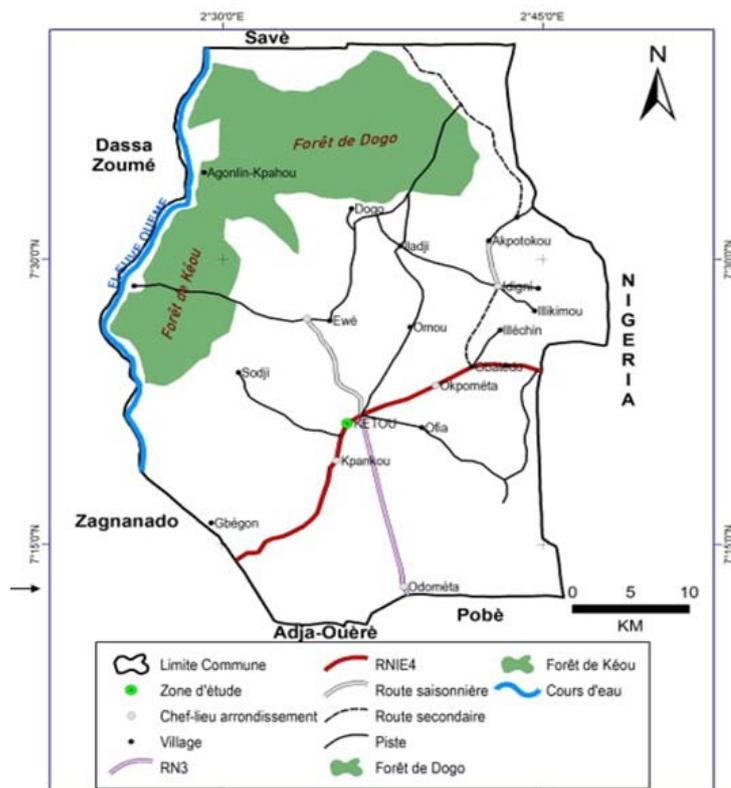


Figure 1 : Carte de la situation géographique de la Commune de Kétou et localisation de la zone d'étude

Dispositif expérimental

L'expérimentation met en exergue deux facteurs à savoir : le type de graine [graine ramassée séchée (RS) ; graine ramassée non séchée (RNS) ; graine cueillie séchée (CS) ; graine cueillie non séchée (CNS)] et le type de traitement faite aux graines (témoin sans traitement, traitement avec extrait aqueux de feuille de neem et traitement avec fongicide Momtaz) dont la combinaison donne 12 traitements répartis sur trois (3) répétitions dans un dispositif en bloc aléatoire complet.

Installation de l'essai

Le matériel végétal utilisé est la graine d'anacarde (ramassée et cueillie). Les graines sont cherchées et une partie séchées. Le jour du séchage des graines à l'ombre, une solution d'extrait aqueux de feuilles de neem est aussi préparée. L'objectif de commencer la production de l'extrait aqueux de feuille de neem le même jour du séchage des graines est de permettre l'obtention d'une solution le sixième jour qui va coïncider avec le troisième jour de trempage des graines où l'extrait aqueux doit être utilisé.

Pour la procédure de fabrication de l'extrait aqueux, 1,8 kg de feuilles de neem ont été hachées, broyées puis trempées dans 10 litres d'eau à température ordinaire soit après 1 litre d'extrait aqueux de feuille de neem pour traiter chaque quantité de graine (Mondedji et al., 2014 ; Baoua et al., 2013). La durée de trempage des feuilles de neem dans l'eau simple est de quatre jours (4 jours) avant l'ajout du savon palmida coupé en morceau au sixième jour de trempage pour permettre à la solution d'être visqueuse pour s'accrocher aux graines lors du trempage (Mondedji et al., 2014).

Par ailleurs une solution de fongicide a été préparée le même jour du trempage des graines. Pour ce fait, une capsule de bière bien remplie à ras avec le produit Momtaz est versée dans un récipient contenant au préalable la quantité de graine à traiter. Le tout est aspergé de quelques gouttes d'eau et remué afin d'homogénéiser la répartition du produit sur la surface des graines (Mondedji et al., 2014). On verse un litre d'eau à température ordinaire sur les graines homogénéisé avec le produit pour le trempage.

Pour l'installation, les sachets polyéthylènes préalablement empotés grâce à un terreau du sous-bois (*Acacia auriculiformis*) sont disposés sur les unités parcellaires. Chaque unité parcellaire comporte dix (10) pots. Chaque pot reçoit une graine au semis. Les graines trempées sont semées dans des sachets polyéthylènes empotés et disposés. Les graines ne sont pas trop enfoncées dans les sachets. Le semis est fait de telle sorte que le hile de la graine soit un peu incliné vers le bas et un peu superficiel pour éviter la pourriture des graines. Des étiquettes ont été fabriquées avec les morceaux de bidon puis placées en tête de chaque unité expérimentale servant d'indicatif de rappel sur ce qui est mis au niveau de cette unité.

Collecte des données.

Pour apprécier l'efficacité de chaque traitement sur la germination, la croissance et le développement des jeunes plants d'anacardier, les paramètres suivants ont été pris en compte lors de la collecte des données :

Taux de germination

La collecte des données du taux de germination a débuté dix (10) jours après semis. Les graines germées sont comptées chaque jour et pendant deux semaines. Ce taux (T) a été déterminé suivant la formule :

$$T = (\text{Total de graines germées}) / (\text{Total de graines mise en terre} \times 100)$$

Hauteur des plants

Les données de la hauteur des plants ont été mesurées avec un centimètre des tailleurs. Cette collecte a commencé vingt (20) jours après le semis. La hauteur des plants a été prise chaque 15 jour pendant deux (2) mois. Le centimètre a été posé au collet de la plante et tendu jusqu'à la plus jeune feuille.

Taux de mortalité

Pour le taux de mortalité, la collecte a été faite chaque 15 jours par décompte des plants morts ou graines mortes et a duré deux (2) mois. Elle a été aussi faite en faisant une soustraction du nombre de graine semée avec le nombre de graine germée et une vérification est faite pour voir si d'autres plants germés sont morts. Elle a débuté au vingtième jour après semis.

Chaque donnée collectée a été reportée sur une fiche de collecte à l'aide d'un stylo. Pour la collecte des données, cinq (5) plants ont été retenus sur les dix (10) mis en terre.

Analyses de données

Les données collectées au cours de l'expérimentation ont été enregistrées dans le tableur Excel version 16 puis analysées avec le logiciel R version 3.4.3. L'analyse de variance à trois facteurs en considérant le temps comme un facteur aléatoire a été effectuée au seuil d'erreur de 5% pour chaque paramètre de croissance à mesure répété. L'analyse de variance à deux facteurs a été effectuée au seuil d'erreur de 5% pour chaque paramètre ponctuel (le taux de mortalité et le taux de germination). Le test de Student Newman-Keuls au seuil de 5% a été utilisé pour la comparaison des moyennes.

RESULTATS

Effet du type de graine et des traitements sur la germination des graines d'anacarde

Le tableau 1 présente l'analyse de variance de l'effet du type et des traitements de graine sur la germination des graines d'anacarde. De ce tableau, il ressort que les deux facteurs étudiés (type des graines et le traitement des graines) n'ont aucune influence significative sur le taux de germination des graines ($P > 0,05$).

Tableau 1 : Résultat d'analyse de variance de l'effet du type et des traitements de graine sur la germination des graines d'anacarde

Source de variation	ddl	Sommes des carrés moyens	Carré moyen	Valeur de F	Probabilité
Types de graines	3	856	285,2	1,267	0,308 ns
Traitement des graines	2	117	58,3	0,259	0,774 ns
Types de graines* Traitement des graines	6	2528	421,3	1,872	0,127 ns

ddl = degré de liberté ; ns = non significatif au seuil de 5%

La figure 2 présente l'évolution du taux de germination des graines d'anacarde suivant le type et les traitements de graine. Considérant les graines ramassées sous les arbres et séchées (RS) et les ramassées sous les arbres mais non séchées (RNS), il n'existe aucune différence significative entre les différents traitements appliqués. Au niveau de ces deux types de graines, les témoins (graines non traitées) présentent les taux de germination les plus élevés (RST0 avec 73,33 et RNST0 avec 83,33). En ce qui concerne les graines cueillies sur les arbres, qu'elles soient séchées ou non (CS et CNS), celles non traitées présente les taux de germination les plus faibles. Celles traitées au fongicide Momtaz présentent les taux de germination les plus élevés (CST2 avec 86,66 et CNST2 avec 83,33).

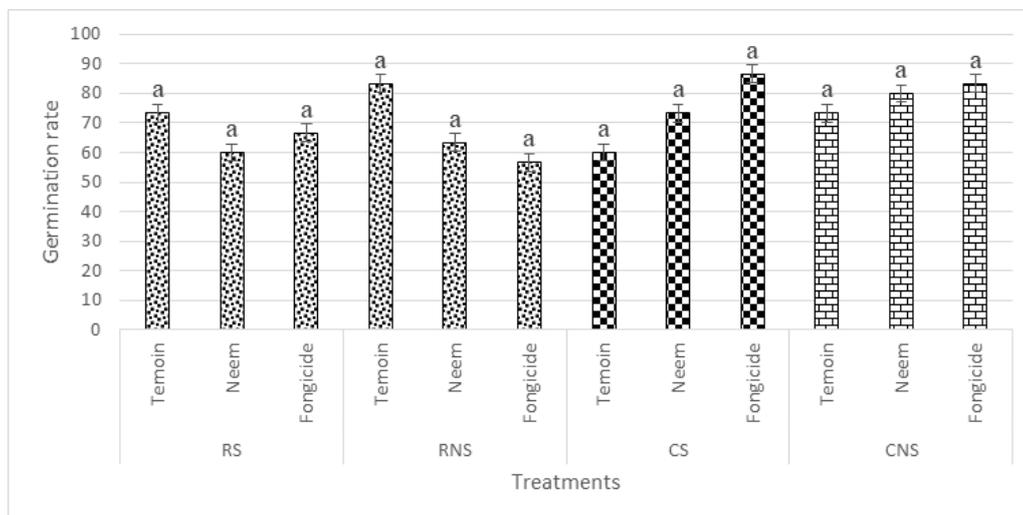


Figure 2 : Evolution du taux de germination des graines d'anacarde suivant le type et les différents traitements

Légende : RS : Graine ramassée séchée ; RNS : Graine ramassée non séchée ; CS : Graine cueillie séchée ; CNS : Graine cueillie non séchée.

Les moyennes suivies de la même lettre alphabétique ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$) selon le test de Student Newman-Keuls.

Effet du type de graine et des traitements sur la hauteur des plants d'anacardier

Le tableau 2 présente l'analyse de variance de l'effet du type et des traitements de graine sur la croissance en hauteur des plants d'anacardier. De ce tableau, il est noté que le type de graines a hautement influencé la croissance en hauteur ($P < 0,001$). La croissance en hauteur ne dépend pas du traitement des graines ($P > 0,05$). Mais la combinaison des deux facteurs (type de graine et traitement des graines) a hautement influencé ($P < 0,001$) la croissance en hauteur des plants d'anacardier. Aussi, la hauteur des plants d'anacardier varie-t-elle suivant le temps.

Tableau 2 : Résultat d'analyse de variance de l'effet du type et des traitements de graine sur la croissance en hauteur des plants d'anacardier

Sources de variation	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Probabilité
Types de graines	3	448	149	6,058	0,004 ***
Traitement des graines	2	138	69	2,805	0,061 ns
Temps	3	21132	7044	285,498	$P < 0,001$ ***
Type de graines* Traitement des graines	6	1998	400	16,196	$P < 0,001$ ***
Type de graines* Temps	9	76	8	0,343	0,960 ns
Traitement des graines* Temps	6	108	18	0,727	0,628 ns
Type de graines* Traitement des graines* Temps	18	290	19	0,783	0,697 ns

ddl = degré de liberté ; ns = non significatif au seuil de 5% ; *** : très hautement significatif au seuil de 5%.

La figure 3 présente l'évolution de la croissance en hauteur des plantes en pépinière d'anacardier en fonction du temps. De cette analyse, il est constaté que les graines cueillies séchées et traitées sont celles qui ont la plus grande performance en croissance en hauteur. Ainsi, CST2 a une hauteur de 34,32 cm contre 32,80 cm pour CST1. Aucune différence significative n'existe entre ces deux combinaisons de traitement (CST2 et CST1).

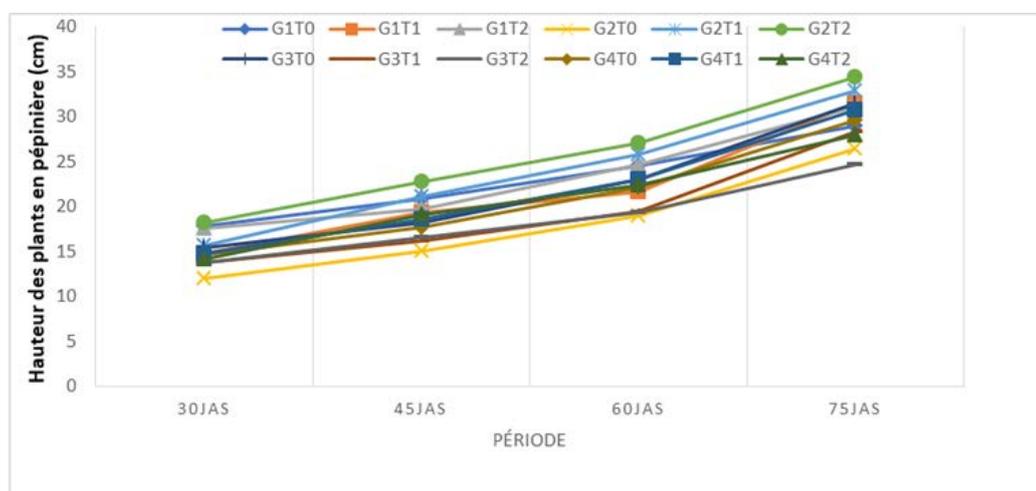


Figure 3 : Évolution de la croissance en hauteur des plantes en pépinière d'anacardier

Légende : JAS : Jours Après Semis ; G1 = RS : Graine ramassée séchée ; G2 = RNS : Graine ramassée non séchée ; G3 = CS : Graine cueillie séchée ; G4 = CNS : Graine cueillie non séchée

Effet du type de graine et des traitements sur le taux de mortalité des plants d'anacardier

Le tableau 3 présente l'analyse de variance de l'effet du type et des traitements de graine sur le taux de mortalité des plants d'anacardier. L'analyse de ce tableau montre que les deux facteurs étudiés (type des graines et traitement des graines) n'ont aucune influence ($P > 0,05$) sur le taux de mortalité des plants d'anacarde en pépinière.

Tableau 3 : Résultat d'analyse de variance de l'effet du type et des traitements de graine sur le taux de mortalité des plants d'anacardier

Source de variation	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Probabilité
Types de graines	3	1586	528,7	2,409	0,091 ns
Traitement des graines	2	406	202,8	0,924	0,410 ns
Type de graines* Traitement des graines	6	772	128,7	0,586	0,737 ns

ddl = degré de liberté ; ns = non significatif au seuil de 5%

La figure 4 présente le taux de mortalité des plants d'anacardier en pépinière en fonction du type et les traitements de graine. En se basant sur les analyses de ce paramètre, on constate que les graines ramassées sous les arbres et séchées présentent les taux de mortalité les plus bas malgré l'absence de différence significative entre les traitements. Il convient de noter que le traitement au fongicide Momtaz des graines ramassées et séchées a permis d'avoir le plus bas taux de mortalité (13,33%).

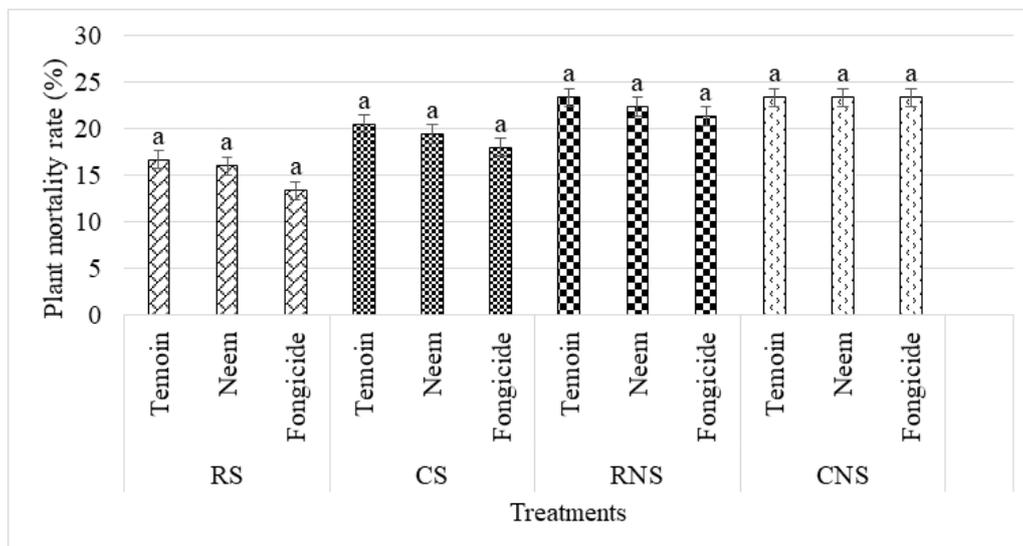


Figure 4 : Taux de mortalité des plants d'anacardier en pépinière suivant le type et les différents traitements des graines

Légende : RS : Graine ramassée séchée ; RNS : Graine ramassée non séchée ; CS : Graine cueillie séchée ; CNS : Graine cueillie non séchée
 Les moyennes suivies de la même lettre alphabétique ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$) selon le test de Student Newman-Keuls.

DISCUSSION

Les résultats de la présente études montrent une amélioration du taux de germination des graines mais aussi une bonne croissance et une diminution du taux de mortalité avec les différents traitements. De ces résultats, l'utilisation des graines ramassées séchées puis traitées avec le fongicide Momtaz (RST2) donne de meilleur résultat sur le taux de germination (73,33 %), le faible taux de mortalité des plants (13,33 %). De l'autre côté, les graines cueillies sur les arbres, qu'elles soient séchées ou non (CS et CNS) et non traitées présentent les taux de germination les plus faibles. Par ailleurs, le fait que les graines cueillies traitées au fongicide Momtaz présentent les taux de germination les plus élevés par rapport aux graines cueillies non traitées laisse supposer que le traitement des semences d'anacarde au fongicide Momtaz a un effet positif sur la germination de ces graines. C'est dans ce contexte que Ndour et al. (2021) ont affirmé que le traitement des semences occupe une place importante et favorise la pérennisation de l'espèce. Le fongicide Momtaz a donc cette capacité de favoriser la germination, de stimuler la levée, de lutter contre les attaques des ravageurs et les maladies. Ces résultats vont dans le même sens que ceux de Silue et al. (2018) qui ont montré que l'usage du fongicide présente des avantages sur la germination et l'utilisation du carbendazime. Les mêmes auteurs affirment que le fongicide biologique NECO permet d'inhiber la croissance des mycélienne in vitro du pathogène, de maintenir la sérénité de l'antracnose et d'avoir une activité antifongique.

Hormis le traitement des graines, cette différence de performance entre les graines ramassées et cueillies serait liée à leur degré de maturité. En effet, selon Djaha et al. (2008) les graines sont ramassées lorsque les fruits tombent de l'arbre d'eux-mêmes à maturité complète. Ndour et al. (2021) ont montré que des corps chimiques produits par la plante et accumulés dans le fruit ou dans la graine peuvent être des hormones végétales inhibant la germination le cas par exemple de l'acide abscissique où après élimination la germination peut être plus rapide

En considérant les graines ramassées sous les arbres et séchées (RS) et les graines ramassées sous les arbres mais non séchées (RNS), l'absence de différence significative observée laisse supposer qu'elles ont des caractéristiques intrinsèques très proches.

En ce qui concerne l'usage de l'extrait aqueux des feuilles de neem, les résultats des expérimentations ont montrés que ce traitement n'a pas donné de meilleure performance sur les différents paramètres de croissance. Or, certains auteurs dont Tokore et al. (2021) ont montré que l'usage des extraits aqueux comme le cas du faux Ashoha (*Polyalthia longifolia*) appliqué directement pour le greffage induit de meilleure performance sur la croissance en hauteur des plants mais aussi sur la surface foliaire. Dans cette même logique, Yao et al. (2022) ont montré que l'extrait aqueux des graines de neem a été efficace sur la plupart des ravageurs et ces extraits aqueux peuvent être utilisés dans un programme de lutte intégré contre les ravageurs majeurs des cultures comme le chou.

CONCLUSION

La présente étude a permis d'évaluer l'effet des graines ramassées et séchées, des graines cueillies et séchées, des graines ramassées non séchées et des graines cueillies non séchées et les types de traitements des graines (fongicide Momtaz et solution et solution aqueuse de feuille de neem) sur la performance agronomique des plants de l'anacardier en pépinière. L'utilisation des graines ramassées puis séchées et traitées avec le fongicide Momtaz a induit de bonne performance sur le taux de germination de même que sur le taux de mortalité des plants. Pour ce fait, il est conseillé aux producteurs l'emploi des graines d'anacardier ramassées puis séchées et traitées avec le fongicide Momtaz dans la production des jeunes plants en pépinière. Dans cette optique, les producteurs doivent être sûrs de la provenance des graines. Il faudrait aussi étudier le pouvoir germinatif des graines ramassées sous les arbres dans le temps.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adégbola P.Y., Oloukoi L., Sossou H.C., 2005. Analysis of the competitiveness of the cashew nut sector in Benin. Final technical report. PAPA/INRAB, Benin. 35p.
- Baoua I., Karimou L., Amadou L., Pittendrigh B.R., 2013. Preparation and use of aqueous neem fruit extracts for insect control of cowpea. Dry Grain Pulses, Niamey, Niger. 2p.
- Balogoun I., Saidou A., Ahoton E.L., Amadji L.G., Ahohuendo C.B., Adebo I.B., Babatounde S., Chougourou D., Adoukonou-Sagbadja H., Ahanchede A., 2014. Characterisation of cashew-based production systems in the main growing zones of Benin. Agronomie Africaine, 26(1): 9-22.
- Bani G., 2006. Monographie de la commune de Kétou. Afrique conseil, Kétou, Benin, 46p.
- Djaha K., Adou Yao C.Y., Kouassi Konan E., Edouard A., 2008. Preliminary floristic inventory and diversity in Azagny National Park. European Scientific Journal, 23(4): 537-547.
- DGCS-ODD/MEPD, 2019. Spatialisation des cibles prioritaires des ODD au Bénin : Monographie des communes des départements de l'Ouémé et du Plateau. Note synthèse départementale _ Mission de spatialisation des cibles prioritaires des ODD au Bénin, 316 p.
- FAO, 2014. Fertilizers. Yearbook, FAO Documentary, 52, 199 p.
- INSAE, 2008. Monograph of Kétou Commune. RGPH 3, 2002, Benin, 90 p.
- Koffi S.Y., Oura K.R., 2019. Drivers of cashew adoption in the cotton basin of Côte d'Ivoire. Agricultural Papers, 28, 24. DOI: 10.1051/cagri/2019025
- Mondedji A.D., Nyamador W.S., Amevoin K. 2014. Efficacy of neem leaf extracts on Lepidoptera. International Journal of Biological Chemical Sciences, 8(5): 2286-2295
- Ndour K., Faye E., Toure M.A., Sane S. K., 2021. Influence of substrate and pre-treatment on nut germination and growth of *Anacardium occidentale* L. seedlings in nursery. Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences, 11(4): 659-679.
- Silue N., Abo K., Johnson F., Camara B., Kone M., Kone D., 2018. In vitro and in vivo evaluation of three synthetic fungicides and one biological fungicide on the growth and serenity of *Colletotrichum gloeosporioides* and *Pestalotia heterorinis*. Agronomie Africaine, 30(1): 107-122.
- Tokore S.B., Michel B., Mesmes-Juste A., Jean de Dieu Fabrice A., Chamsoudine O., 2021. Effects of substrates on the growth dynamics of cashew seedlings in nurseries. Afrique Science, 19(4) : 1 - 13.
- Tokore S.B., Batamoussi H.M., Biaou S. S. H., 2021. Effects of biological extracts of false Ashoka used as a growth hormone on the recovery of scions and the growth of young grafted plants in the nursery. Afrique Science, 19(4) : 1 - 13.
- Yelouassi D., Akpo E., Adandonon A., Balogoun I., 2021. Effectiveness of grafting techniques for cashew rootstock suitability. African Crop Science Journal, 29(3): 339-354.
- Yabi I., Yabi Biaou F., Dadeignon S., 2013. Plant species diversity within cashew agroforests in Savalou commune, Benin. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 7(2): 696- 706.
- Yao L.B., Dessan O.G., Paul Maruis N. N., Kablan T., 2022. Comparative study of the efficacy of aqueous extracts of eucalyptus leaf and neem seeds against cabbage pests. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 16(2): DOI: 10.4314/ijbcs.v16i2.



EVALUATION MORPHOLOGIQUE DE TROIS GÉNOTYPES D'ANACARDIER EN CONDITION D'ALIMENTATION HYDRIQUE DÉFICITAIRE

DOBO Bi Zan Alexis KOUAKOU Charles Konan N'Da Hugues Annicet KOUADIO Konan Doubin KOUAME Koffi Kévin

RESUME

Utilisée dans les années 1960 pour la lutte contre l'érosion et la dégradation des terres, en Côte d'Ivoire, l'anacardier est devenu aujourd'hui une culture pérenne génératrice de revenus pour plusieurs producteurs. Le pays demeure le premier producteur et exportateur mondial de noix de cajou, avec 1 028 172 tonnes en 2022. Cependant, avec les effets du changement climatique, l'eau devient de plus en plus rare. La Côte d'Ivoire connaît une aggravation de la variabilité climatique qui se manifeste par des poches de sécheresses récurrentes et imprévisibles. En Côte d'Ivoire, les plants greffés sont mis à la disposition des producteurs comme matériel de plantation sélectionné sans réellement connaître leur comportement face aux déficits hydriques.

Cette étude se propose de caractériser trois génotypes d'anacardier au stade des plants en pépinières, pour leur adaptation aux environnements de faibles pluviométries par leurs niveaux de tolérance à la sécheresse. Le dispositif expérimental utilisé est un bloc complet randomisé avec trois répétitions. Les résultats ont révélé que sous régime hydrique déficitaire, chez les jeunes plants d'anacardier des trois génotypes, la hauteur et la circonférence de la tige et le nombre de feuilles ont diminué graduellement. Cependant, le génotype KADM-87 n'a ni réduit la longueur (taux de réduction : -2,77 %) ni la largeur (-3,11 %) de ses feuilles alors que les deux autres génotypes ont réduit les longueurs et largeurs de leurs feuilles : KADM-40 (6,06 et 7,04 %) et KADM-98 (5,94 et 10,93 %). Ce génotype a aussi conservé son volume racinaire en condition de déficit hydrique, comparé aux deux autres génotypes. KADM-87 aurait des prédispositions à la tolérance au déficit hydrique. Le taux de transpiration chez les trois génotypes a diminué au fur et à mesure que l'humidité du sol diminuait. Il serait intéressant de poursuivre cette étude sur un plus grand nombre de génotypes en incluant les trois génotypes et d'autres paramètres physiologiques déterminés à l'aide des appareils tels que le CI340 et la chambre à pression de Scholander afin de bien cerner leur comportement face au déficit hydrique.

Mots clés : Anacardier, changement climatique, déficit hydrique, paramètres morphologiques

INTRODUCTION

Africa is a continent with low greenhouse gas (GHG) emissions, yet it will undoubtedly be the most affected by the effects of climate change. L'Afrique est un continent faiblement émetteur de Gaz à Effets de Serre (GES) et pourtant elle sera sans doute la plus touchée par les effets du changement climatique (Tinlot, et al., 2010). Ces changements climatiques ont entraîné naturellement un changement dans la variabilité des paramètres climatiques comme la température, l'humidité relative, la tension des vapeurs (Mamoudou, 2012) et le changement de régime pluviométrique. Le changement de régime pluviométrique accroît le risque de déficit hydrique pour les cultures pluviales (Métangbo, 2007).

L'anacardier a été introduit en Côte d'Ivoire en 1951 (Goujon et al., 1973), avec pour principal objectif, le reboisement et la protection des sols. La profondeur d'enracinement, la taille et l'importance de la frondaison des arbres ont été les critères de choix pour la sélection des variétés. La plante est devenue une véritable culture de rente à partir des années 1990, du fait de la demande croissante de la noix de cajou sur le marché international. La Filière Anacarde a connu un développement spectaculaire avec une production nationale de noix brutes de cajou qui est passée de 19 000 tonnes en 1990 (Kéhé et al., 1997) à 700 000 t en 2015 (Rabany et al., 2015).

La production ivoirienne de noix de cajou a atteint les 1 028 172 tonnes en 2022, soit une hausse de 6 % par rapport aux 968 676 tonnes enregistrées en 2021. Le secteur de l'anacarde réalise un chiffre d'affaires de plus de 600 milliards FCFA par an et permet de générer un revenu annuel de plus de 300 milliards FCFA aux 400 000 producteurs ivoiriens (Anonyme, 2023).

La noix, la partie du fruit la plus exploitée en Côte d'Ivoire, offre d'importants chiffres d'affaires aux acteurs de la filière anacarde grâce à sa commercialisation (Doukouré & Kodjo, 2018). Cependant, avec les effets du changement climatique, l'eau deviendra de plus en plus rare dans la plupart des régions du monde (Morrison et al., 2009). Aussi, depuis la fin des années 1960, la Côte d'Ivoire connaît une aggravation de la variabilité climatique qui se manifeste par une modification du régime des précipitations et par une diminution des hauteurs annuelles (Brou et al., 2005). De plus, les hausses de température et les grands vents sont à l'origine de la chute des fleurs (Bello et al., 2017).

En Côte d'Ivoire, les plants greffés sont mis à la disposition des producteurs comme matériel de plantation sélectionné sans réellement connaître leur comportement face au déficit hydrique. Il paraît donc important de déterminer le comportement de ces génotypes en fonction des variations pluviométriques aussi bien au stade des plants en pépinières qu'aux champs.

Cette étude se propose donc de caractériser trois génotypes d'anacardier pour leur adaptation aux environnements de faibles pluviométries par leurs niveaux de tolérance à la sécheresse.

De manière spécifique il s'agira :

- évaluer la gestion de l'eau par les différents génotypes sous déficit hydrique à la phase végétative ;
- structurer les génotypes d'anacardier en fonction de leur capacité d'adaptation face au déficit hydrique

MATERIELS ET METHODE

Matériel végétal

Le matériel végétal était constitué de trois génotypes issus de la collection d'anacardier de la station de recherche de lataha (Korhogo, Côte d'Ivoire)



Figure 1. Génotypes utilisés pour l'expérimentation (a : A42, b : A2SINE, c : PK18)

Conduite de l'essai

L'expérimentation a été conduite sous un abri recouvert à 100 % de tôles translucides ayant les dimensions suivantes : longueur 14 m, largeur 7 m et une hauteur de 3 m. Le semis des noix pour l'obtention des porte-greffes a été fait le 25 février 2022. Le semis a été fait dans des seaux d'une contenance de 11 litres. Il faut noter que ces noix sont issues des arbres mères des trois génotypes utilisés pour l'essai. Le greffage a été fait le 04 mai 2022. Pour ce faire, les greffons ont été prélevés sur les arbres mères des trois génotypes, ceci dans le but de minimiser l'interaction porte-greffes et greffons. La conduite du stress hydrique progressif (Dry-down) a démarré le 08 septembre 2022 avec des plants greffés âgés de 4 mois. A la veille du démarrage du Dry-down, tous les pots ont été arrosés à saturation et laissés drainer toute la nuit afin d'évacuer l'excès d'eau. 10 kg de terreau ont été mis dans chaque pot pour le semis. La capacité au champ des 10 kg de terreau a été au préalable déterminé par la méthode gravimétrique. Cette méthode a consisté à faire passer plusieurs échantillons de terreau à l'étuve pendant 12 heures à 70°C. Après cela, 10 lots de 10 kg de terreau ont été constitués. Ensuite, ces échantillons ont été saturés d'eau et laisser drainer durant 24 heures. Les pesés ont été ensuite faits pour connaître les poids frais. La différence entre le poids frais des pots et le poids sec constitue la capacité au champ. Dans la présente étude, la capacité au champ est de 2700 millilitres. Les pots des plantes témoins (Irriguées) ont été arrosés pour qu'elles soient au-dessus de 80 % de la capacité au champ sans pour autant occasionner de drainage. Pour éviter une imposition rapide du stress hydrique et homogénéiser son installation, les plantes stressées (STR) ont été autorisées à perdre 100 ml d'eau/jour. Toute perte d'eau par transpiration au-delà de cette quantité a été restituée aux pots quotidiennement (Liu & Stutzel, 2002). Le Dry-down a pris fin quand le poids des pots des plantes stressées est devenu constant.

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé pour la mise en place de l'essai est un dispositif en Blocs complets randomisés (Fisher) avec trois répétitions (Figure 4). Chaque bloc est composé de trois parcelles élémentaires, soit 30 plantes par bloc. Le dispositif conçu pour les plants en STR est répété pour les plants en ETM.

NB : ETM (Irrigué normalement), STR (Stressé)

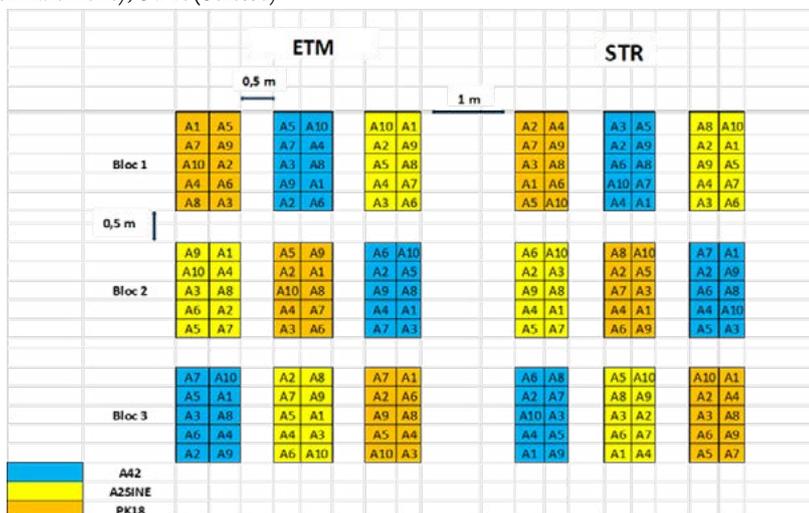


Figure 2. Dispositif pour l'évaluation de trois génotypes d'anacardier en stress hydrique progressif (Dry-down)

Paramètres évalués

Trois types de paramètres ont été évalués, à savoir les paramètres climatiques, les paramètres agro morphologiques et les paramètres physiologiques (Tableau 1)

Paramètres évalués	Périodes de mesure	Méthode de mesure
La température	Quotidiennement à 8 h et 12 h	Enregistrée à l'aide d'un capteur
L'humidité relative	Quotidiennement à 8 h et 12 h	Enregistrée à l'aide d'un capteur
Le nombre de feuilles	En début et à la fin de l'essai	Le nombre de feuilles des plantules a été déterminé par comptage manuel
La longueur des feuilles	En début et la fin de l'essai	La longueur des feuilles a été déterminée à l'aide d'un ruban-mètre sur quatre feuilles choisies de façon aléatoire
La largeur des feuilles	En début et la fin de l'essai	La largeur des feuilles a été déterminée à l'aide d'un ruban-mètre sur quatre feuilles choisies de façon aléatoire
La circonférence de la tige	En début et la fin de l'essai	La circonférence en dessous du point de greffage à l'aide d'un pied à coulisse électronique
La hauteur de la tige	En début et la fin de l'essai	La hauteur de la tige à l'aide d'une règle graduée d'un ruban-mètre, du collet jusqu'au bourgeon terminal.
La biomasse sèche des feuilles	En fin d'essai	La biomasse sèche des feuilles a été déterminée par séchage à l'étuve à 70°C durant 48 heures
La biomasse sèche des tiges	En fin d'essai	La biomasse sèche des tiges a été déterminée par séchage à l'étuve à 70°C durant 48 heures
La biomasse sèche des racines	En fin d'essai	La biomasse sèche des racines a été déterminé par séchage à l'étuve à 70°C durant 48 heures
Le ratio biomasse racine/biomasse tige	En fin d'essai	Le rapport entre la masse sèche de la racine et La masse sèche de la tige
La fraction d'eau du sol transpirable	En fin d'essai	Par division de la différence entre le poids du jour x et le poids final sur la différence entre le poids initial et le poids final
Le taux de transpiration	En fin d'essai	En faisant le ratio égal à la moyenne de la transpiration de toutes les plantes stressées sur la transpiration

Analyse des données

L'analyse multiple de la variance (MANOVA) a été utilisée en vue d'étudier l'effet des régimes hydriques sur les paramètres agronomiques des plantes d'anacardier. Dans le cas de la présente étude, une fois que la MANOVA a révélé une différence significative, une analyse de variance (ANOVA) a été effectuée pour chaque paramètre afin d'identifier celui ou ceux qui contribuent à l'effet du facteur considéré. Pour chaque variable discriminante identifiée, des comparaisons multiples sont faites en effectuant le test de la plus petite différence significative (ppds). Ce test a permis d'identifier le ou les traitements qui diffèrent significativement les uns des autres (Dagnelie, 1998). La signification de la différence des moyennes a été déterminée en comparant la probabilité P associée à la statistique du test de Fischer-Snedecor au seuil théorique de $\alpha = 0,05$. Ainsi lorsque $P \geq 0,05$, il n'existe pas de différence significative, par contre lorsque $P \leq 0,05$, il existe une différence significative entre les différentes moyennes. Tous les tests ont été effectués grâce au logiciel STATISTICA version 7.1. Les courbes ont été réalisées à l'aide du logiciel Excel 2016.

Résultats

Températures et humidités relatives maximum et minimum sous l'abri

La température (°C) et l'humidité relative (RH) journalières enregistrées à 8 heures et 12 heures pendant la période d'expérimentation sont représentées par les figures 3 et 4. Il ressort que ces deux variables évoluent en sens contraires c'est-à-dire un abaissement de l'humidité correspond à une augmentation de la température et vice versa. La moyenne de température enregistrée à 8 h était de 28,35 °C avec un minimum de 22,7 °C et un maximum de 32,2 °C. A 12 h, la température moyenne notée était de 36,3 °C avec un minimum de 27,2 °C et un maximum de 42,1 °C. L'humidité relative moyenne à 8 h était 74,19 %, avec un minimum de 54 % et un maximum de 99 %. De même, à 12 h l'humidité relative avait une moyenne de 45,70 % avec un minimum de 30 % et un maximum de 84 %.

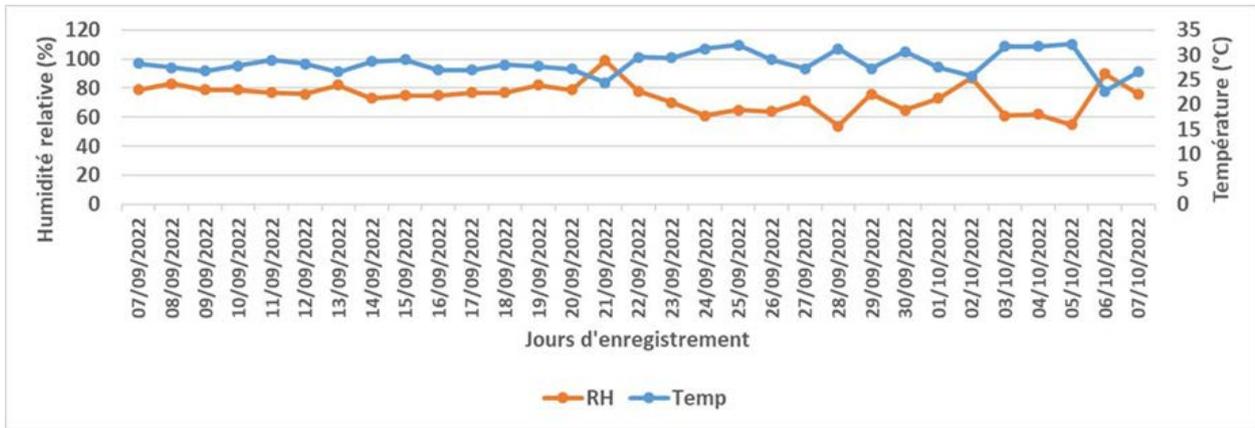


Figure 3. Variation journalière à 8 heures de l'humidité relative (RH) et de la température sous abri au cours de l'essai

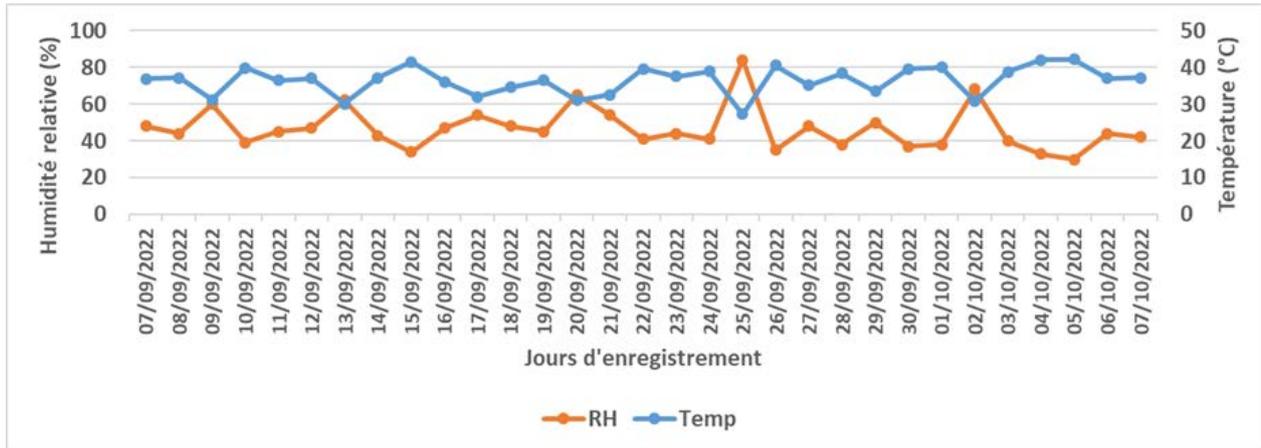


Figure 4. Variation journalière à 12 heures de l'humidité relative (RH) et de la température sous abri au cours de l'essai

Effet du régime d'irrigation sur l'aspect général des anacardiers sous abri

L'application du régime hydrique a modifié l'apparence visuelle des anacardiers. Sous traitement hydrique déficitaire (stressé), les trois génotypes d'anacardier A42, A2SINE et PK18 ont présenté des flétrissements suivis de la chute de feuilles (Figure 5, 6 et 7). Parallèlement, des plages de jaunissement sont apparues à partir de l'extrémité apicale des feuilles et se sont déployées vers l'intérieur de celle-ci. Aussi, il a été observé un dessèchement progressif à partir du bourgeon terminal des tiges.

En condition d'apport d'eau normal (irrigué), les anacardiers ont montré des feuilles étalées et turgescents de même que des tiges vigoureuses (Figure 8). Sous ce régime d'irrigation, il a été aussi observé des émissions de ramification au niveau des trois génotypes d'anacardier.



Figure 5. (a) : flétrissement des feuilles du A42, (b) : chute des feuilles du A42



Figure 6. (a) : flétrissement des feuilles du A2 SINE, (b) : chute des feuilles du A2SINE



Figure 7. (a) : flétrissement des feuilles du PK18, (b) : chute des feuilles du PK18



Figure 8. Aspect morphologique des anacardiers sous traitement hydrique normal (irrigué), a : A42, b : A2SINE, c : PK18

Effet général du régime hydrique sur les caractères agro-morphologiques des anacardiers

Circonférence de la tige et la hauteur de la tige

Les résultats de l'analyse statistique ont révélé un effet significatif du régime hydrique (Irrigué et stressé) sur la circonférence ($P < 0,05$) et la hauteur de la tige ($P < 0,05$) des anacardiers. Les valeurs moyennes en l'absence de stress hydrique (Irrigué) qui ont été de 9,77 mm et 55,15 cm respectivement pour la circonférence et la hauteur de la tige, ont chuté et atteint 8,23 mm et 44,61 cm sous stress hydrique (Tableau 2).

Nombre et la largeur des feuilles émises

Les résultats de l'analyse statistique ont révélé un effet significatif du régime hydrique (Irrigué et stressé) sur le nombre de feuilles émises

($P < 0,05$) et la largeur des feuilles ($P < 0,05$) des anacardiens. Les valeurs moyennes en l'absence de stress hydrique (Irrigué) qui ont été de 36,40 et 8,94 cm respectivement pour le nombre de feuilles émises et la largeur des feuilles, ont chuté et atteint 21,26 et 8,22 cm sous régime d'irrigation stressé (Tableau 2).

Poids sec des tiges et le poids sec des feuilles

Les résultats de l'analyse statistique ont révélé un effet significatif du régime hydrique (Irrigué et stressé) sur le poids sec des tiges ($P < 0,05$) et le poids sec des feuilles ($P < 0,05$) des anacardiens. Les valeurs moyennes en l'absence de stress hydrique (Irrigué) qui ont été de 19,85 g et 14,79 g respectivement pour le poids sec des tiges et le poids sec des feuilles, ont chuté et atteint 14,91 g et 10,13 g sous régime d'irrigation stressé (Tableau 2).

Poids sec total et ratio poids sec de la racine/poids sec de la tige

Les résultats de l'analyse statistique ont révélé un effet significatif du régime hydrique (Irrigué et stressé) sur le poids sec total et sur le ratio poids sec de la racine/poids de la tige ($P < 0,05$) des anacardiens. La valeur moyenne du poids sec total en l'absence de stress hydrique (Irrigué) a été de 34,44 g, a chuté et atteint 25,04 g sous régime d'irrigation stressé. La valeur moyenne pour le ratio poids de la racine/poids sec de la tige, en l'absence de stress hydrique (Irrigué) a été de 31,39 %, a augmenté et atteint 38,18 % sous régime d'irrigation stressé (Tableau 2).

Tableau 2. Effet du régime hydrique sur les paramètres agro-morphologiques des anacardiens

Régimes d'irrigation	CiT _i (mm)	HaT _i (cm)	NbFe	LoFe (cm)	LaFe (cm)	PsTi (g)	PsFe (g)	PsRa (g)	PsTo (g)	Ra/Ti (%)
Irrigué	9,77±0,19 ^a	55,15±1,45 ^a	36,40±2,47 ^a	18,18±0,34 ^a	8,94±0,25 ^a	19,85±1,31 ^a	14,79±0,64 ^a	5,97±0,30 ^a	34,44±1,59 ^a	31,39±1,16 ^b
Stressé	8,23±0,13 ^b	44,61±1,16 ^b	21,26±0,84 ^b	17,57±0,24 ^a	8,22±0,14 ^b	14,91±0,68 ^b	10,13±0,44 ^b	5,41±0,22 ^a	25,04±0,80 ^b	38,18±2,10 ^a
LSD ($p \leq 0,05$)	0,0001	0,0001	0,0001	0,058	0,0001	0,0001	0,0001	0,151	0,0001	0,0025

CiT_i : Circonférence de la tige, HaT_i : Hauteur de la tige, NbFe : Nombre de feuilles émises, LoFe : Longueur des feuilles, LaFe : Largeur des feuilles, PsTi : poids sec de la tige, PsFe : poids sec de la racine, PsTo : poids sec total, Ra/Ti : ratio poids sec racine/poids sec tige

Taux de réduction des paramètres sous régimes hydriques déficitaires Hauteur de la tige

Sous régime hydrique déficitaire, la hauteur de la tige des plants des trois génotypes a diminué graduellement en passant du génotype A42 (20,98 %), à A2Sine (18,77 %) à PK18 (17,28 %)

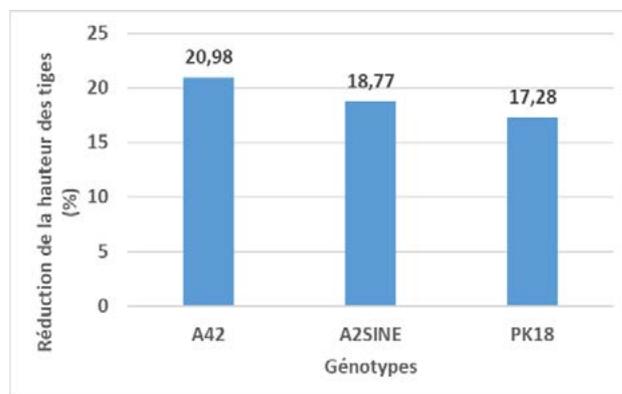


Figure 9. Taux de réduction de la hauteur de la tige

Circonférence de la tige

La circonférence de la tige a été réduite de 23 % chez le génotype PK18 et de 13,47 et 10,11 % chez les génotypes A2Sine et A42, respectivement, sous régime hydrique déficitaire (Figures 10).

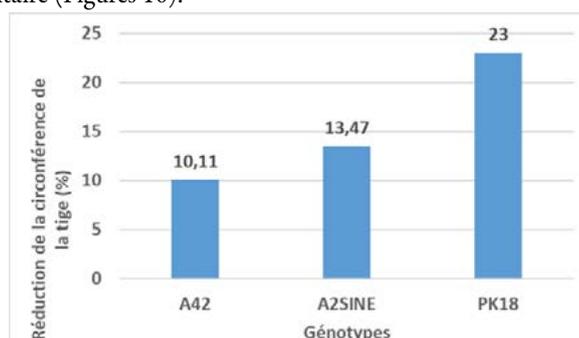


Figure 10. Taux de réduction de la circonférence de la tige

Nombre de feuilles

Les trois génotypes ont fait tomber leurs feuilles sous déficit hydrique en réduisant de 43,63 % (A2Sine) à 40,4 % (PK18) et 39,93 % (A42).

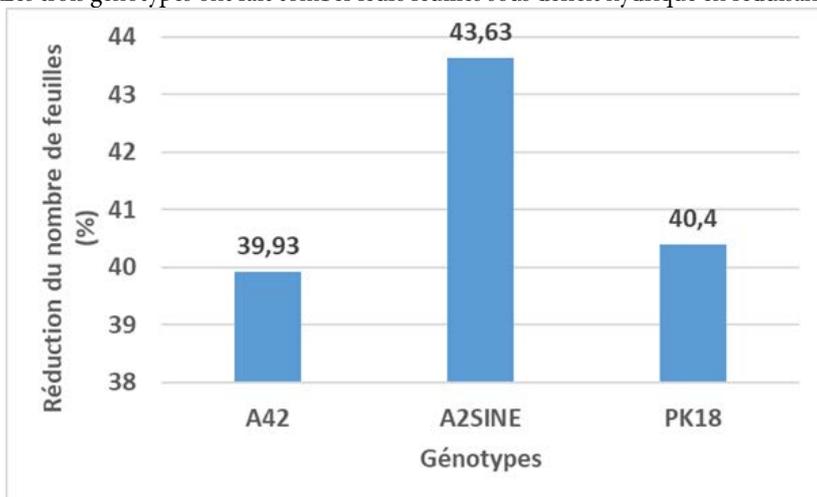


Figure 11. Taux de réduction du nombre de feuilles

Poids sec des feuilles

Sous régime hydrique déficitaire, le poids sec des feuilles (Figures 13) a été moins réduit chez A2Sine (23,32 %) et chez PK18 (27,72%) que chez A42 (40,98 %).

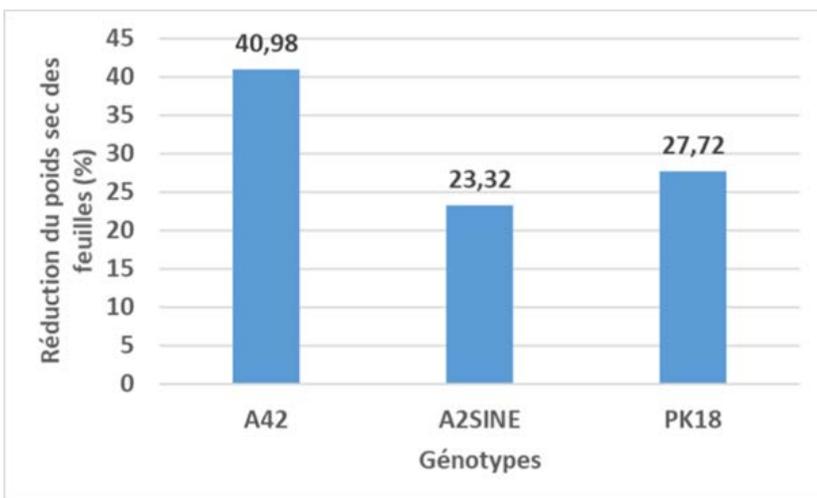


Figure 12. Taux de réduction du poids sec des feuilles

Longueur et largeur des feuilles

Sous régime hydrique déficitaire (Figures 14 et 15), le génotype A2Sine n'a pas réduit la longueur (taux de réduction : -2,77 %) ni la largeur (-3,11 %) de ses feuilles alors que les deux autres génotypes ont réduit la longueur et la largeur de leurs feuilles : A42 (6,06 et 7,04 %) et PK18 (5,94 et 10,93 %).

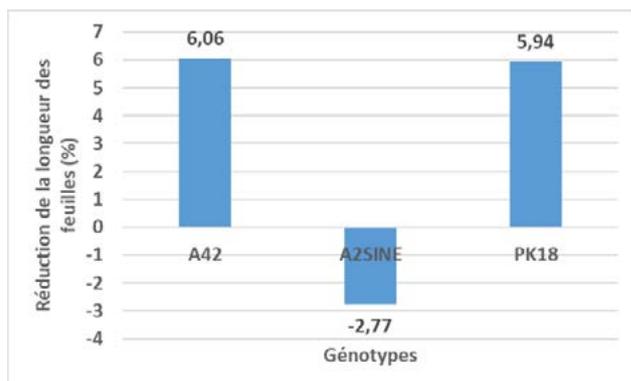


Figure 13. Taux de réduction de la longueur des feuilles

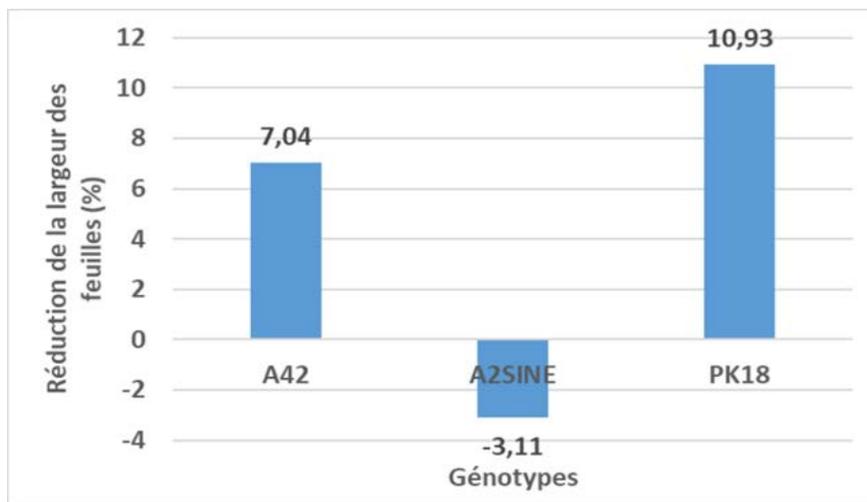


Figure 14. Taux de réduction de la largeur des feuilles

Evolution du taux de transpiration (NTR) en fonction de la fraction d'eau transpirable du sol (FTSW)

Les figures 15 à 17 présentent l'évolution du taux de transpiration en fonction de la fraction d'eau transpirable du sol pour les trois génotypes étudiés au cours de l'expérimentation. De très fortes corrélations ont été observées entre le NTR et le FTSW pour les trois génotypes étudiés. Ainsi, pour le génotype A2SINE ce coefficient a été de 0,96, pour le génotype PK18, il a été de 0,88 et pour le génotype A42, le coefficient de corrélation a été de 0,93. Pour ces trois génotypes utilisés lors de l'expérimentation, le NTR et le FTSW ont évolué dans le même sens.

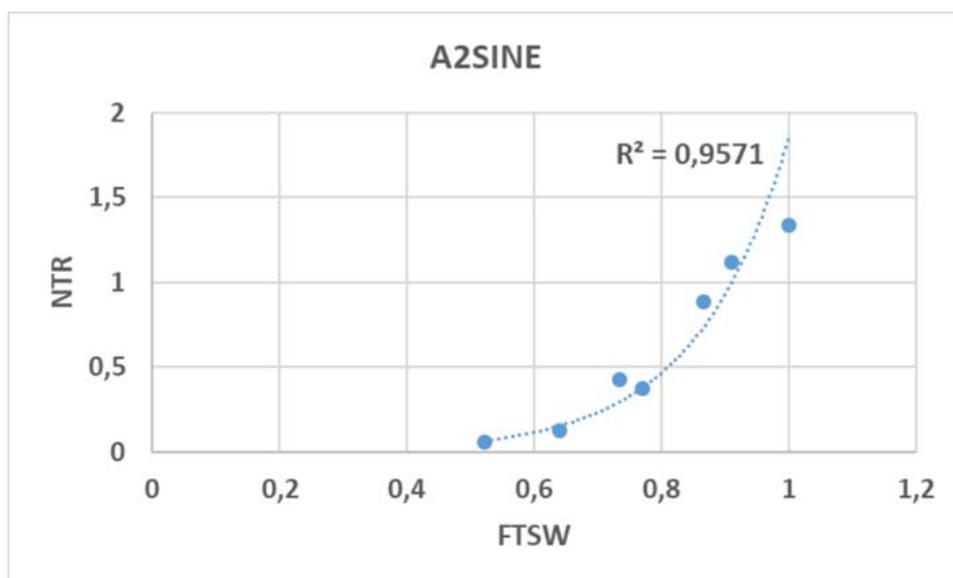


Figure 15. Evolution du NTR en fonction FTSW chez A2Sine

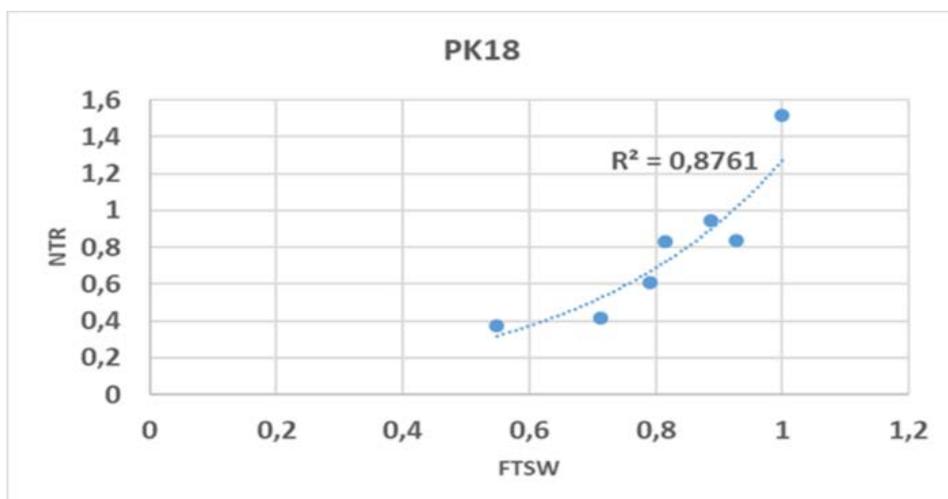


Figure 16. Evolution du NTR en fonction FTSW chez PK18

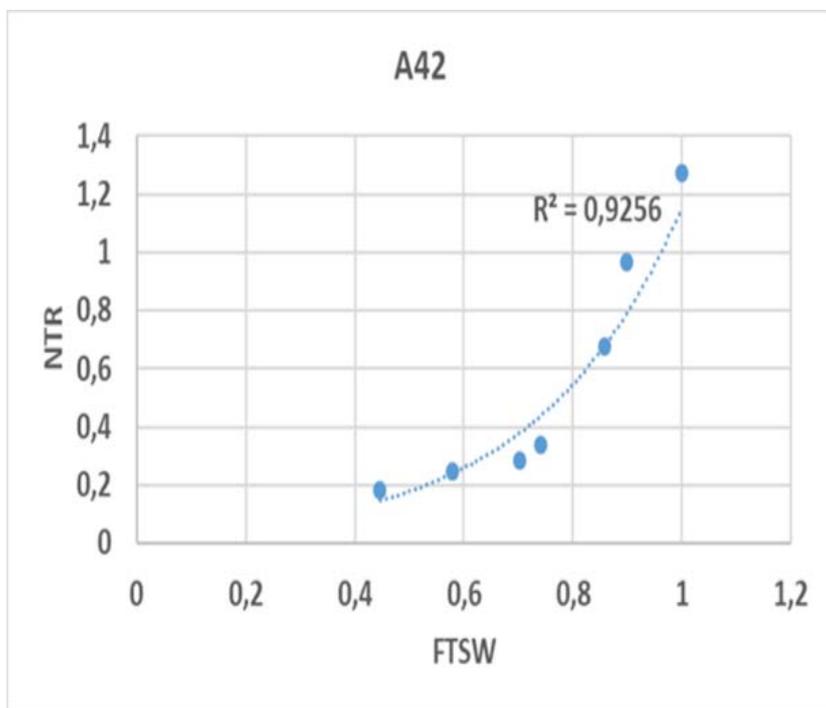


Figure 17. Evolution du NTR en fonction FTSW chez A42

Discussion

D'après Domínguez-Caraveo et al., (2010), les expérimentations réalisées sous abri sont essentielles car elles permettent de tirer des conclusions précoces avant l'évaluation en milieu réel ou paysan et permettent également de contrôler les conditions environnementales. Cette discussion porte sur les résultats relatifs aux caractères phénotypiques, morphologiques et physiologiques des génotypes d'anacardiens soumis à un stress hydrique progressif sous un abri. Sur le plan phénotypique, sous régime déficitaire (Stressé) il a été observé des flétrissements suivis des chutes de feuilles chez les plants d'anacardiens. Ce phénomène a été observé au niveau des trois génotypes. Ceci est dû probablement au fait que sous régime hydrique déficitaire (Stressé), les plantes n'ont pas pu avoir la capacité de maintenir l'intégrité des membranes des cellules au niveau des feuilles. Par contre, en l'absence de stress (Irrigué), les feuilles des plants d'anacardiens au niveau des trois génotypes sont demeurées très vertes. Il a été même observé des émissions de ramification au niveau des trois génotypes. L'eau est un constituant majeur de tous les organismes vivants qui participe à d'importants processus biochimiques, dont la photosynthèse. Sa disponibilité en quantité adéquate peut affecter le comportement d'une espèce végétale. Suite aux différentes expérimentations menées sur les jeunes anacardiens sous abri, les résultats obtenus laissent supposer un effet dépressif du stress hydrique déficitaire induit sur les caractères morphologiques des plants. Les résultats de l'analyse statistique ont révélé un effet significatif du régime hydrique (Irrigué et stressé) sur la hauteur de la tige ($F = 42,94$; $P < 0,05$) des anacardiens. Dam et al. (2020) ont remarqué des effets similaires chez des plants de sorgho. Par ailleurs, chez les agrumes, la croissance en longueur des tiges diminuerait également en conditions de stress hydrique (Bniken et al., 2010).

En effet, physiologiquement, plus le plant reçoit l'eau plus il s'accroît et moins il reçoit l'eau moins il évolue. Ainsi, l'eau est très capitale dans la croissance des plants. L'idée a été confirmée par Diallo en 2009 qui a montré que le déficit hydrique est la circonstance dans laquelle les plantes accusent une réduction de croissance et de production suite à une alimentation hydrique insuffisante). Chez les trois génotypes, des taux de réduction faibles de la longueur des feuilles ont été observés sous régime hydrique déficitaire. Il a été de 6,06 % pour le génotype A42 ; 5,94 % pour le génotype PK18 et de -2,77 % pour le génotype A2SINE. Ce génotype a été le moins affecté donc pour ce paramètre. Pour la largeur des feuilles, sous régime hydrique déficitaire les taux de réduction ont été respectivement de 7,04 % ; 10,93 % et -3,11 % pour les génotypes A42, PK18 et A2SINE. Le génotype A2SINE a été le moins affecté pour ce paramètre. Des effets similaires ont été remarqués sur la production de biomasse de jeunes plants de cacaoyers en serre par M'BO (2016). De tels effets ont été aussi remarqués sur la vigueur végétative des cacaoyers au champ par Elain et al. (2013) qui en ont déduit la bonne adaptation au champ de ces génotypes. Les expérimentations ont également mis en évidence que le taux de transpiration des anacardiens sous régime hydrique déficitaire a diminué au fur et à mesure que la fraction d'eau transpirable du sol diminuait. Nos résultats sont en accord avec ceux de Bniken et al. 2010. En effet, ces auteurs ont mis en évidence que le taux de transpiration des feuilles de la plupart des porte-greffes placés d'agrumes en conditions de stress hydrique diminuait en même temps qu'augmentait la sévérité du stress appliqué. Selon Tezara et al. (2002) la diminution de la transpiration serait due à une diminution de la conductance des stomates et, par conséquent, à une diminution de la photosynthèse.

Conclusion

Le Dry-Down (stress hydrique progressif) est une approche efficace pour évaluer le comportement des plantes face au déficit hydrique au jeune âge. Les résultats ont révélé que l'application du régime hydrique a modifié l'apparence visuelle des jeunes plants d'anacardier. Le taux de transpiration chez les trois génotypes a diminué au fur et à mesure que l'humidité du sol diminuait. Ceci peut être expliqué par la fermeture des stomates en condition de manque d'eau pour empêcher la plante de trop transpirer. Ce qui réduit la production de biomasse. Un tel phénomène à l'âge adulte peut réduire le rendement. Il ressort de ces résultats que sur la base de l'évolution du taux de transpiration en fonction de la fraction d'eau du sol transpirable, ces trois génotypes semblent être sensibles au manque d'eau au jeune âge. Il serait intéressant de poursuivre cette étude sur un plus grand nombre de génotypes en incluant les trois génotypes déjà étudiés afin de bien cerner leur comportement face au déficit hydrique. D'autres paramètres physiologiques déterminés à l'aide des appareils suivants : le CI340, la chambre à pression de Scholander, seraient utilisés.

Références

- Anonymous (2022). Official portal of the Government of Côte d'Ivoire. <https://www.gouv.ci> [online]. Accessed on 14/07/23 at 10 h 07.
- BELLO D. O, AHOTON, L. E SAIDOU A, AKPONIKPÈ I. P.B, EZIN V. A,
- BALOGOUN I. & AHO N. (2017). Climate change and cashew (*Anacardium occidentale* L.) productivity in Benin (West Africa): perceptions and endogenous measures of adaptation. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11(3): 924-946
- Brou, Y. T., Akindès, F., & Bigot, S. (2005). Climate variability in Côte d'Ivoire: between social perceptions and agricultural responses. *Cahiers Agricultures*, 14(6), 533-540.
- (1). Available at <https://revues.cirad.fr/index.php/cahiers-agricultures/article/view/30548>
- DAM Josephine, NGUINAMBAYE Mberdoum Memti, FADEL GUELOH Sokoye. Impact of water stress on the production of a sorghum variety (*Sorghum bicolor* [L]), S35 in Chad. *Journal of Animal & Plant Sciences.* 45 (2): 7870-7883. <https://doi.org/10.35759/JAnmPlSci.v45-2.1>
- Diawadou DIALLO (2009). Physiological evaluation of resistance to water stress in nerica rice (*Oryza spp l.*): case of wab 450 ibp 28hb and wab 450 ibp 91hb grown in the Republic of Guinea. Doctoral thesis specialising in plant biotechnology and physiology. Plant Ecophysiology Laboratory. UNIVERSITE DE OUAGADOUGOU, Ouagadougou, Burkina Faso, 125p.
- Domínguez-Caraveo H, Jurado P, Melgoza-Castillo A (2010). Emergency and survival of blue grama with biosolids under greenhouse conditions. *J. Arid Environ.* 74: 87-92.
- Doukouré C.F. and Kodjo.A.A (2018). Impact of agricultural advice on the performance of cashew producers in Cote d'Ivoire. *European Scientific Journal* October 2018 edition; Vol. 14; pp292-310. 19p.Doi. :10.19044/esj.2018; v14n30p292
- Elain S. A., Rajesh M. K. & Balasimha D. (2013). Assessment of morphological, physiological and molecular characteristics of cocoa accessions from Central and South America in relation to drought tolerance. *Journal of Plantation Crops*, 41: 389 397.
- Goujon P., Lefebvre A., Leturcq Ph., Marcellesi A.P. & Praloran J.C., 1973 - Studies on the cashew tree. I - Ecological regions favourable to cashew cultivation in French-speaking West Africa. *Fruits*, 28 (3): 217 - 225.
- Kéhé M., N'da Adopo A., Rey J.Y., Koffi E. & N'guetta K., 1997 - The cashew tree, the place of West Africa and Cote d'Ivoire in world production: diagnosis of the orchard in Côte d'Ivoire. Communication. Cashew nut symposium. Promexa, PPDEA, CECI, Yamoussoukro, Cote d'Ivoire, 12-14 June, 9 p.
- Liu F & Stutzel (20002). Leaf Expansion, Stomatal Conductance, and Transpiration of Vegetable Amaranth (*Amaranthus sp.*) in Response to Soil Drying. *J. Amer. Soc. Hort. Sci* 127 (5): 878-883
- M'BO Kacou Antoine Alban (2016). Adaptation of cocoa trees [*Theobroma cacao* L. (Malvaceae)] to drought: study of morphological, physiological, biochemical parameters and molecular markers of tolerance. Doctoral thesis specialising in Agrophysiology and Plant Pathology. Laboratory of Plant Physiology and Pathology. Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, Côte d'Ivoire, 239p.
- Mamoudou A. H. 2012. Effect of climate change on agricultural production and adaptation measures of the population: the case of Says commune. (Niger) 64p.
- Métangbo D., Kouassi D., Brama K. 2007. Vulnerability of Rainfed Agriculture to Change of Rainfall Pattern and Adaptation to Rural Communities of " V Baoulé " in Côte d'Ivoire, 11p.
- Morrison J, Morikawa M, Murphy M, Schulte P (2009). Water scarcity & climate change: Growing risks for businesses and investors. A Ceres Report, Ceres, Boston. 60 pp. www.ceres.org [online]. Accessed on 14/07/23 at 10 h 11.
- Rabany C., Rullier N. & Ricau P., 2015 - The African Cashew Sector in 2015. General Trends and Country Profiles. Analysis of Cashew Production, Processing and Trade in Africa. Document produced by RONGEAD for the African Cashew initiative (ACI), from April to October 2015, 37 p.
- Tezara W., Mitchel V., Driscul S.P., Lawlor D.W (2002). Effects of Water Deficit and its Interaction with CO₂ Supply on the Biochemistry and Physiology of Photosynthesis in Sunflower, *Exp. Bot.* 53: 1781-1791.
- Tinlot M. 2010. Ex ante evaluation of Carbon Footprint of Agricultural and Forest Development Dynamics: Application on the Cashew Sector in Burkina Faso. Final Dissertation of the Institut Supérieur d'Agriculture de LILLE, 89P.

QUALITÉ ET STABILITÉ DU JUS DE POMMES DE CAJOU (*ANACARDIUM OCCIDENTALE L*) CLARIFIÉ À L'AMIDON DE MANIOC ET DE RIZ

E·S·C·A· Dèdèhou Attemba^{*1,2} · J· Dossou² · M·M· Soumanou³

¹ Ecole des Sciences et Techniques de Conservation et de Transformation des Produits Agricoles, Université Nationale d'Agriculture (UNA), BP 114, Sakété, Bénin

² Ecole de Nutrition et des Sciences et Technologies Alimentaires, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi (UAC), BP 526 Cotonou, Bénin

³ Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 2009, Cotonou, Bénin.

*Auteur correspondant : Emmanuelle S.C.A. Dèdèhou Attemba, email : deecass2002@yahoo.fr

RÉSUMÉ

La présente étude a eu pour objectif d'évaluer l'impact de la clarification par l'amidon (manioc et riz) sur la qualité et la stabilité du jus de pommes de cajou (JPC) en comparaison à la clarification à la gélatine. Les échantillons de jus: jus brut non clarifié (JB), jus clarifié à l'amidon de riz (JR), jus clarifié à l'amidon de manioc (JM) et jus clarifié à la gélatine (JG) ont été stockés à la température ambiante (30 °C±2) dans des cartons à l'abri de la lumière. Les paramètres physico-chimiques et microbiologiques des jus ont été évalués au jour T0 et tous les 45 jours sur une période de 135 jours tandis que les caractéristiques sensorielles ont été évaluées au début et à la fin de la période de stockage. Les résultats ont montré qu'il n'y a aucune différence significative ($p < 0,05$) entre le pH, l'acidité titrable, la couleur, l'indice de brunissement et la teneur en minéraux des jus quel que soit l'agent clarifiant utilisé. Par contre, la teneur en tanin et en phénols totaux des jus clarifiés a été significativement ($p < 0,05$) réduite. La réduction a été d'environ 12 % dans les jus JR et JM, de 19 % dans le JG pour les phénols et de d'environ 53 % dans les jus JR et JM, 72 % dans JG pour les tanins. Les teneurs en fructose, glucose et saccharose des jus varient respectivement de 38,85 à 48,34 (mg/mL) ; 20,89 à 26,23 (mg/mL) et 1,72 à 2,57 (mg/mL) respectivement. Le JM présente les teneurs sucres, en acides acétique (1,12 mg/mL), propionique (0,48 mg/mL) et citrique (0,33 mg/mL) significativement ($p < 0,05$) plus élevées que celles des JR et JG. Au plan sensorielle, l'Analyse de Pénalité des jus (JM, JR, JG) a indiqué qu'aucun des attributs (couleur, odeur, goût acide, goût astringent, goût sucré) du jus de pomme de cajou ne pénalise sa note d'acceptabilité globale par le consommateur.

Au cours du stockage, les paramètres physico-chimiques des jus ont évolué dans le même sens indépendamment des agents clarifiants utilisés. On note une réduction significative ($P < 0,05$) du pH, de l'ESR, de la teneur en phénol, en tanin et en vitamine C. Les absorbances des jus à 440 nm et 420 nm ont significativement ($P < 0,05$) augmentées de T0 Jour à T135 jours.

Mots clés : Jus de pomme de cajou, clarification, amidon, stabilité.

INTRODUCTION

La pomme de cajou est une bonne source de vitamines, d'hydrates de carbone, de minéraux, d'acides aminés, de caroténoïdes, de composés phénoliques, d'acides organiques et d'antioxydants (Irevisan et al., 2006 ; De-carvallio et al., 2007). En raison de sa haute valeur nutritionnelle, elle est transformée en divers sous-produits dont le jus. Tout comme dans le cas des jus de fruits en général, le brunissement, la perte de nutriments, la formation et la sédimentation de particules peuvent être observés pendant le stockage du jus de pomme de cajou (Bracco, 1986). Selon Dèdèhou et al. (2015a), bien que l'amidon élimine la majorité des tanins du jus de pomme de cajou, on observe un dépôt de particules et un changement de couleur au cours de l'entreposage du jus clarifié. Des études ont montré que les conditions de conservation ont un effet significatif sur la stabilité physico-chimique, microbiologique et organoleptique des jus (Garrido et al., 1993 ; Galeb et al., 2002 ; Lavinias et al., 2006 ; Siebert, 2006 ; Queiroz et al., 2008 ; Vijayanand et al., 2010). Plusieurs travaux ont montré que les méthodes thermiques et aseptiques permettent de maintenir les caractéristiques physico-chimiques du jus de pomme cajou jusqu'à douze mois (Costa et al., 2003). Ce jus traité à la tannase et stocké à 4 °C a été stable pendant deux mois (Campos et al., 2002). Le traitement du jus de pommes de cajou à une pression hydrostatique élevée de 400 MPa pendant 3 minutes à 25 °C, suivi d'une conservation par réfrigération maintient sa qualité stable pendant 8 semaines (Lavinias et al., 2008). Les conditions optimales d'élimination des tanins à l'amidon de manioc et de riz ont été déterminées par Dèdèhou et al. (2015b).

En complément à ce travail, la présente étude a pour objectif d'évaluer l'impact de l'utilisation de l'amidon de manioc et de riz sur la qualité et la stabilité du jus de pommes de cajou.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matières végétales

Les matières végétales utilisées sont constituées :

- des pommes de cajou mûres récoltées à Bantè (8 25 '0" N et 1 52 '60 " E) dans le département des collines au Bénin et transportées au laboratoire de physico-chimie et d'évaluation sensorielle des aliments de l'Université d'Abomey-Calavi avec des glaces pour la conservation ;
- les amidons natifs de la variété de riz Nerica 1 et de la variété de manioc RB89509, utilisés comme agents clarifiants dans les conditions décrites par Dèdèhou et al. (2015b) ;

- la gélatine commerciale utilisée comme agent clarifiant de référence. Pour ce faire, une solution de gélatine à 10 % (p/v) a été préparée en dissolvant la gélatine dans l'eau à 60 °C. La solution de gélatine ainsi obtenue a été utilisée après refroidissement à une dose de 2 g par litre de jus brut pour la clarification pendant 60 minutes, selon la méthode décrite par Talasila et al. (2012).

Méthode de production du jus de pommes de cajou

La production du jus de pommes de cajou a été réalisée suivant le procédé traditionnel tel que décrit par Dèdèhou et al. (2015b) et présenté à la figure 1. L'étape de l'élimination des tanins par l'amidon de riz et de manioc a été réalisée dans les conditions optimales. En effet, il faut pour l'amidon de manioc 6,2 mL/L de jus pendant 300 minutes et pour l'amidon de riz 10 mL/L de jus pendant 193 minutes pour une élimination optimale des tanins dans le cas du procédé traditionnel (Dèdèhou et al., 2015b).

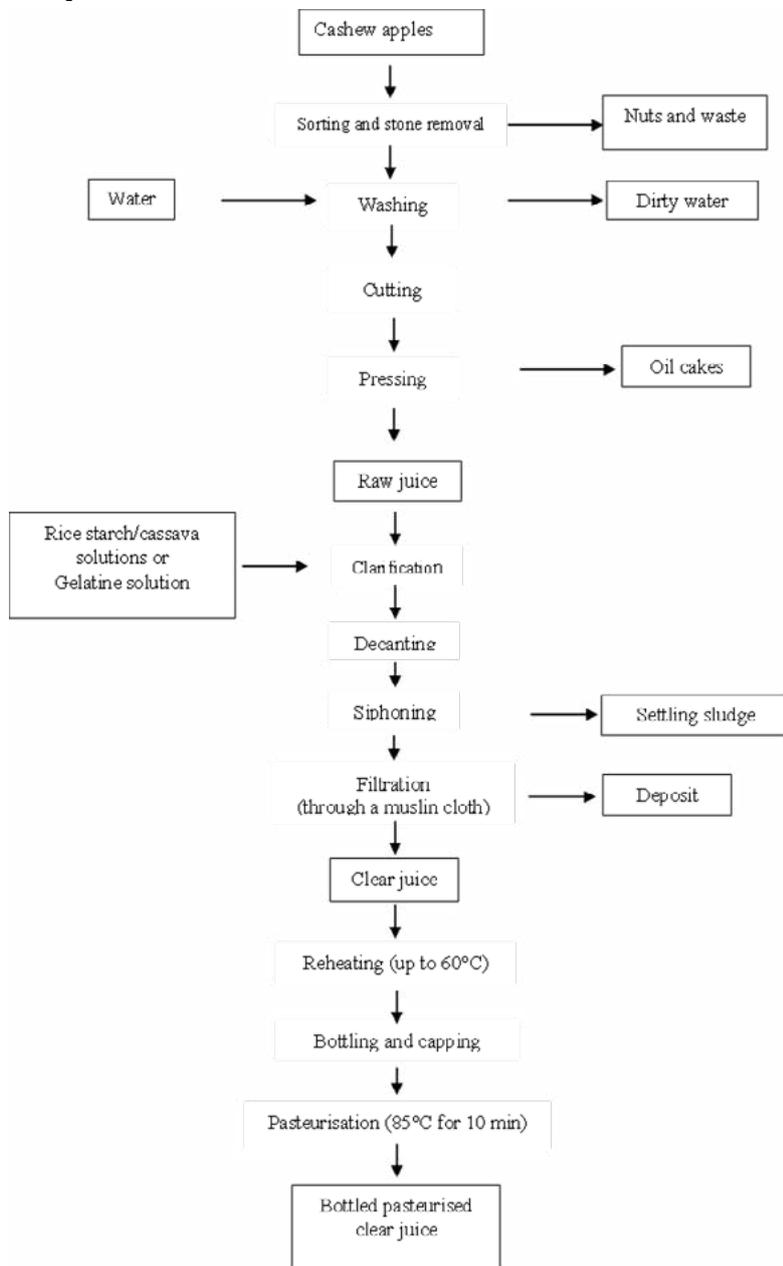


Figure 1: Diagramme de production du jus de pommes de cajou

Evaluation de la stabilité du jus au cours du stockage

Les échantillons de jus produits ont été stockés à la température ambiante (30 °C ± 2) dans des cartons à l'abri de la lumière. Les paramètres physico-chimiques et microbiologiques des jus ont été évalués tous les 45 jours sur une période de 135 jours. Les caractéristiques sensorielles ont été évaluées au début et à la fin de la période de stockage.

Analyses physico-chimiques

En vue d'apprécier la qualité physico-chimique des jus, les paramètres ci-après ont été analysés suivant les méthodes décrites par Dèdèhou et al. (2015a,b). Il s'agit du pH, de l'acidité titrable, de l'Extrait sec refractométrique (°Brix), de la couleur, de l'indice de brunissement, des teneurs en phénols totaux, en tanins condensés, en vitamine C et en minéraux.

Analyses microbiologiques

La qualité microbiologique des jus a été appréciée à travers la détermination de la flore aérobie mésophile et des levures et moisissures. Pour cela, 1 mL de l'échantillon à analyser a été prélevé de façon aseptique auquel ont été ajoutés 9 mL d'eau peptonée salée stérile (5 g peptone, 8,5

g NaCl, pH = 7,2±0,2) ; ce mélange, homogénéisé au vortex pendant 2 minutes, a servi de solution mère ; des dilutions décimales successives ont été ensuite réalisées et utilisées pour l'ensemencement des boîtes de Pétri.

La flore aérobie mésophile a été déterminée sur milieu Plate Count Agar (PCA, oxoid, CM 325, Hampshire, England) selon la méthode spécifiée par la norme ISO 4833 : 2003.

Les levures et les moisissures ont été dénombrées suite à une incubation de 1 mL de chaque dilution sur du Malt Extract Agar (MEA, oxoid, CM 325, Hampshire, England) à 25 °C pendant 72 heures selon la méthode spécifiée par la norme ISO 21527-1 : 2008.

Le dénombrement des coliformes (totaux et fécaux) a été réalisé à l'aide du milieu VRBG. 1ml de chaque dilution a été inoculé dans une double couche de 10 à 15 mL de la gélose VRBG puis incubé après solidification du milieu à 37°C pendant 72h selon la norme ISO 21528-2 : 2008.

Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle des jus a été faite par un test d'appréciation globale couplé avec une analyse des pénalités (penalty analysis). L'analyse des pénalités est une méthode utilisée en analyse sensorielle pour identifier des axes d'améliorations possibles pour des produits (Plaehn, 2009). Un effectif de 105 consommateurs a participé au test. Les données recherchées sont de deux types :

- Les données d'appréciation globale qui correspondent à des indices de satisfaction globaux sur les jus de pommes de cajou clarifiés. Une note d'appréciation globale sur une échelle de 9 points hédoniques allant de 9 = « extrêmement agréable » à 1= « extrêmement désagréable ».
- Les données sur une échelle JAR (Just About Right) qui correspondent à des notes de 1 à 5 pour les caractéristiques des jus étudiés que sont : la couleur, l'odeur, le goût acide, le goût astringent, le goût sucré. 1 correspond à « Pas du tout assez », 2 à « Pas assez », 3 à « JAR » (Just About Right) un idéal pour le consommateur, 4 à « Trop » et 5 à « Beaucoup trop ».

Ces deux types de données sont combinés et analysés numériquement pour déterminer les attributs du produit qui pénalisent l'appréciation globale du consommateur. Il s'agit des attributs qui, si ajustés, auraient le plus grand impact sur l'amélioration de la qualité du produit augmentant ainsi le score de son appréciation globale par le consommateur (Rothman, 2007). La pénalité est la différence de la moyenne des données de préférence pour la catégorie JAR, avec la moyenne des données pour les deux autres catégories (Anon, 2003 et Rothman, 2007). Un attribut pénalisera la note d'acceptabilité globale du produit par le consommateur, si son effet sur la moyenne est significatif et révélé par plus de 20 % des consommateurs (Xiong et al., 2007).

Analyses statistiques

Le logiciel SAS v 9,2 a servi à l'analyse statistique des données. L'analyse de la variance (ANOVA) a été faite et les différences entre les données ont été déterminées par le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5 %. L'analyse de pénalités a été faite avec le logiciel XLSTAT.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Qualité physico-chimique du jus de pommes de cajou clarifié à l'amidon (manioc et riz)

Le tableau 1 présente l'acidité titrable, le pH, l'extrait sec soluble, les teneurs en vitamine C, en tanin et en phénols totaux du jus brut non clarifié (JB), du jus clarifié à l'amidon de riz (JR), du jus clarifié à l'amidon de manioc (JM) et du jus clarifié à la gélatine (JG). L'analyse de variance a montré qu'il n'y a aucune différence significative ($p>0,05$) entre le pH, l'acidité titrable, la couleur et l'indice de brunissement des jus quel que soit l'agent clarifiant utilisé, comparé au jus brut. Tandis que le pH du jus brut est 4,9, Akinwalé (2000), Damasceno et al. (2008) et Adou et al. (2012) ont obtenu respectivement un pH de 4,1 ; 4,4; 4,3 à 4,5 pour des jus brut de pomme de cajou. Par ailleurs, Akinwalé (2001) et Adou et al. (2012) ont obtenu respectivement une teneur en extrait sec soluble de 11 et 10,2 à 10,9 °Brix pour le jus brut de pommes cajou comme dans cette étude (10,8 °Brix).

La réduction la teneur en tanins et en phénols totaux des jus clarifiés a été plus prononcée dans le jus JG qu'au niveau du JR et du JM. Elle a été d'environ 12 % dans les jus JR et JM, de 19 % dans le JG pour les phénols et de d'environ 53 % dans les jus JR et JM, 72 % dans JG pour les tanins. Plusieurs études ont montré que la clarification réduit la teneur en composés phénoliques des jus.

La vitamine C du jus de pommes de cajou a été significativement ($p<0,05$) réduite lors du processus de clarification. La perte en vitamine C la plus importante a été observée au niveau du jus JG et la moindre au niveau du JR. Cette perte pourrait s'expliquer par l'oxydation rapide de la vitamine lors de la pasteurisation du jus après la clarification (Vivekanand et al., 2012). En effet, l'utilisation de l'amidon de manioc et de riz pour l'élimination des tanins suivie d'une filtration à travers du papier Whatman N°1 n'a pas induit de perte significative de l'acide ascorbique (Dèdèhou et al., 2015b).

La teneur en vitamine C des jus obtenue dans le cadre de cette étude est supérieure à celles obtenues par Akinwalé et al. (2001) au Nigéria après 10 à 30 minutes de chauffage des pommes de cajou qui est de 120,60 à 152,40 mg/100 mL contre 195,80 mg/100 mL pour le jus brut des pommes de cajou non chauffées, tandis que Talasila et al. (2012b) ont obtenu pour le jus de pomme de cajou 123,9 à 184,46 mg/100 mL.

Tableau 1: Caractéristiques chimiques des différents jus

Paramètres	JB	AM	AR	JG*
pH	4,9±0,0a	4,9±0,0a	4,9±0,0a	4,9±0,0a
Acidité titrable	0,4±0,0a	0,4±0,0a	0,4±0,0a	0,4±0,0a
ESR (°Brix)	10,8±0,0a	10,4±0,0ab	10,2±0,0b	10,2±0,0b
Couleur (Abs440nm)	0,2±0,0a	0,1±0,0a	0,2±0,0a	0,1±0,0a
Indice de brunissement (Abs420nm)	0,2±0,0a	0,2±0,0a	0,2±0,0a	0,1±0,0a
Vitamine C (mg/100 mL)	418,1±2,3a	359,2±1,2c	382,8±1,9b	331,3±0,9d
Tanin (mgEqCatéchine/100 mL)	162,1±0,4a	74,7±1,3b	79,1±1,9b	44,5±1,0c
Phénol (mg Ac gali/L)	2081,0±15,6a	1831,0±9,9b	1834,0±11,3b	1681,0±7,1c

Les valeurs avec différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes à 5% selon le test de SNK

*JB : jus brut non clarifié, JM : jus clarifié à l'amidon de manioc, JR : jus clarifié à l'amidon de riz, JG : jus clarifié à la gélatine.

Le tableau 2 présente les teneurs en sucres et acides organiques des jus brut et clarifiés. Les teneurs en fructose, glucose et saccharose des jus varient respectivement de 38,85 à 48,34 (mg/mL) ; 20,89 à 26,23 (mg/mL) et 1,72 à 2,57 (mg/mL) respectivement. Le fructose est le sucre le plus abondant dans les jus de pomme de cajou ; par contre le saccharose a une très faible teneur. Les teneurs en sucres des trois types de jus sont significativement ($p < 0,05$) différentes. Le JM présente les teneurs en fructose, en glucose et en saccharose les plus élevées.

Le glucose, le fructose et le saccharose sont les principaux sucres du jus de pomme de cajou comme l'ont montré de nombreux auteurs (Sivagurunathan et al., 2010 ; Adou et al., 2012). Les teneurs en saccharose, glucose et fructose du jus brut de la présente étude sont similaires à celles (0,0 à 1,6 mg/mL ; 17,3 à 34,6 mg/mL, 31,6 à 65,5 mg/mL pour le saccharose, le glucose et le fructose respectivement) obtenues par Dédéhou-Attemba et al. (2023) pour des jus de pommes cajou de quelques cultivars d'anacardier du Bénin.

La teneur en sucres des jus clarifiés aux amidons est supérieure à celle du JB et du JG ; ceci serait dû à la présence de résidus d'amidon dans le jus après la filtration. En effet, l'amidon, constitué majoritairement d'une fraction glucidique (98 à 99 %) et d'une fraction non glucidique mineure (1 à 2 %), peut subir la saccharification au cours du stockage du jus, un processus qui pourrait résulter en une augmentation du taux de sucres. En outre, selon Mahajan (1994), le saccharose est inversé en fructose et glucose en raison de l'acidité et de la température élevée. Dans la technologie de production utilisée dans cette étude, les jus ont été pasteurisés à 80 °C pendant 15 minutes. L'inversion du saccharose, favorisée aussi par le pH bas des jus se serait produite à cette étape du processus technologique. Carvalho et al. (2008) ont rapporté une augmentation des teneurs en glucose et fructose dans le jus d'ananas hydrolysé avec de la pectinase commerciale.

Des cinq acides organiques que sont l'acide oxalique, l'acide citrique, l'acide propionique, l'acide acétique, l'acide malique, seuls les acides citrique (5,62 mg/mL) et malique (3,1mg/mL) ont été identifiés dans le jus brut de pommes de cajou. Le jus de pommes de cajou clarifié à l'amidon de manioc (JM) présente des teneurs en acides acétique (1,12 mg/mL), propionique (0,48 mg/mL), citrique (0,33 mg/mL) significativement ($p < 0,05$) plus élevés que celles des JR et JG.

Tableau 2: Teneur en sucres et acides organiques des jus de pommes de cajou en mg/mL

	JB	JM	JR	JG
Glucose	20,9 ± 0,0c	26,2 ± 0,22a	23,5 ± 0,4 b	20,6 ± 0,0c
Fructose	38,8 ± 0,0c	48,3 ± 0,05a	44,5 ± 0,7b	38,1 ± 0,0c
Saccharose	2,1 ± 0,0b	2,6 ± 0a	1,7 ± 0c	2 ± 0,0b
Acide oxalique	0±0b	0 ±0b	0,06 ± 0,0a	0±0b
Acide citrique	5,6 ± 0a	0,3±0c	1,0±0b	5,3 ± 0a
Acide propionique	0 ± 0c	0,5 ± 0,0a	0,2 ± 0,0b	0 ± 0c
Acide acétique	0±0c	1,1 ± 0a	0,6 ± 0,0b	0±0c
Acide malique	3,1 ± 0a	0,9 ± 0,08b	0 ± 0c	2,8 ± 0a

Les valeurs avec différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes à 5% selon SNK

Les teneurs (mg/kg) en potassium, phosphore, magnésium, sodium, calcium, fer et zinc du jus de pomme d'anacarde sont présentées dans le tableau 3. Le taux de potassium varie de 1178,1 à 1253,9 ; suivi du phosphore 141,6 à 175,8; du magnésium 126,3 à 143,1; du sodium 39,1 à 57,9; du calcium 14,0 à 17,6; du fer 1,6 à 1,8 et finalement du zinc 0,7 0,9. La clarification, quel que soit l'agent clarifiant utilisé, n'a eu aucun impact significatif ($P > 0,05$) sur la teneur en minéraux des jus.

Tableau 3: Teneur en minéraux des jus de pommes de cajou exprimé en (mg/kg)

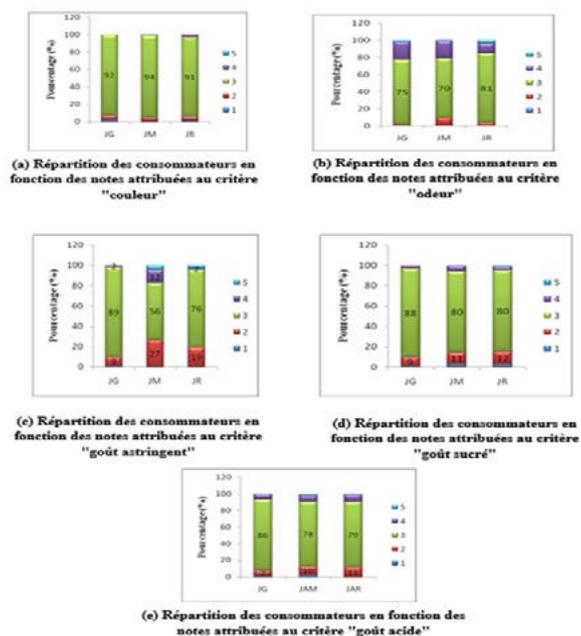
Minéraux	JB	JM	JR	JG
Magnésium	143,1±14,4a	139,3±5,2a	126,3±3,8a	138,7±0,6a
Potassium	1253,9±12,9a	1237,4±8,0a	1178,1±77,4a	1247,5±45,7a
Sodium	46,5±9,0a	51,6±10,4a	39,1±9,8a	57,9±4,1a
Calcium	14,5±0,0a	17,1±1,1a	14,0±0,7a	17,6±1,5a
Fer	1,7±0,1a	1,8±0,4a	1,6±0,4a	1,6±0,1a
Zinc	0,8±0,2a	0,7±0,0a	0,7±0,3a	0,9±0,2a
Phosphore	166,5±13,4a	167,9±1,7a	141,6±1,5a	175,8±35,8a

Les valeurs avec différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes à 5% selon le test de SNK

Acceptabilité globale et test de pénalité des jus

Les histogrammes de la figure 2 présentent la répartition des consommateurs en fonction des notes attribuées aux différents critères du jus sur l'échelle JAR (Just About Right). Pour les caractéristiques des jus (JM, JR, JG) testés que sont : la couleur, l'odeur, le goût acide, le goût astringent, le goût sucré où la note 1 correspond à « Pas du tout assez », 2 à « Pas assez », 3 à « JAR » (Just About Right) un idéal pour le consommateur, 4 à « Trop » et 5 à « Beaucoup trop ». Les résultats exprimés par les histogrammes a, b, c, d et e montrent que les cinq caractéristiques des jus indexées ont été trouvées idéales (JAR) pour le consommateur.

Figure 2: Répartition des consommateurs en fonction des notes attribuées aux différents critères des jus de pommes de cajou



Le tableau 4 présente l'analyse de pénalité sur la moyenne pour les jus de pomme de cajou (JM, JR, JG). Les variables que sont la couleur, l'odeur, le goût astringent, le goût acide au niveau « trop faible » et le goût sucré au niveau « trop fort » réduisent de manière significative ($p < 0,05$) l'acceptabilité globale du jus de pomme de cajou par les consommateurs. Le score de l'acceptabilité globale a été réduit de 0,82 ; 0,86 ; 0,68 ; 0,93 ; 0,65 point par la couleur-, l'odeur-, le goût astringent-, le goût acide- et le goût sucré+ respectivement.

Tableau 4: Analyse de Pénalité et effets sur la moyenne JAR pour le jus de pomme de cajou

* Significance at the 5% level.

Variables	Niveau	%	Moyenne (ac. globale)	Effets sur la moyenne	p-value	Pénalités
Couleur	Trop faible	6	6,16	0,82	<0,001	0,05*
	JAR	93	6,98			
	Trop fort	1	6,75	0,23	0,402	0,00
Odeur	Trop faible	5	6,25	0,86	<0,001	0,04*
	JAR	75	7,11			
	Trop fort	20	6,39	0,72	0,664	0,14
Gout astringent	Trop faible	18	6,43	0,68	<0,001	0,13*
	JAR	74	7,11			
	Trop fort	8	6,36	0,75	0,774	0,06
Gout sucré	Trop faible	13	6,78	0,22	0,123	0,03
	JAR	83	7			
	Trop fort	4	6,07	0,93	0,01	0,04*
Gout acide	Trop faible	10	6,39	0,65	<0,001	0,07*
	JAR	81	7,04			
	Trop fort	9	6,48	0,56	0,75	0,05

Tous les attributs du jus de pomme de cajou qui ont des effets significatifs sur la moyenne ont été révélés par moins de 20 % des consommateurs. Ce résultat indique qu'aucun des attributs (couleur, odeur, goût acide, goût astringent, goût sucré) du jus de pomme de cajou ne pénalise sa note d'acceptabilité globale par le consommateur. En effet, selon Xiong et al. (2007) un attribut pénalise la note d'acceptabilité globale d'un produit par le consommateur si son effet sur la moyenne est significatif et révélé par plus de 20 % des consommateurs.

Evaluation de la stabilité physico-chimique du jus

Les paramètres physico-chimiques des jus au cours du stockage ont été résumés dans le tableau 5. Les paramètres physico-chimiques des jus ont évolué dans le même sens indépendamment des agents clarifiants utilisés. Au cours du stockage on note une réduction significative ($P < 0,05$) du pH, de l'ESR, de la teneur en phénol, en tanin et en vitamine C. Les absorbances des jus à 440 nm et 420 nm qui indiquent respectivement la couleur et l'indice de brunissement ont significativement ($P < 0,05$) augmenté de T0 à T135 jours.

Tableau 5: Caractéristiques physico-chimiques des jus au cours du stockage

Paramètres	Echantillons	T0 Jour	T45 jours	T90 jours	T135 jours
pH	JG	4,9±0,0a	4,5±0,0b	4,2±0,0c	4,0±0,0d
	JR	4,9±0,0a	4,6±0,0b	4,3±0,0c	4,1±0,0d
	JM	4,9±0,0a	4,6±0,0b	4,3±0,0c	4,1±0,0d
Acidité titrable	JG	0,4±0,0a	0,4±0,0a	0,4±0,0a	0,4±0,0a
	JR	0,4±0,0a	0,4±0,0a	0,4±0,0a	0,4±0,0a
	JM	0,4±0,0a	0,4±0,0a	0,4±0,0a	0,4±0,0a
ESR (°Brix)	JG	10,2±0,0a	10,1±0,0a	10,0±0,0a	10,0±0,0a
	JR	10,2±0,0a	10,1±0,0ab	10,0±0,0b	9,0±0,0c
	JM	10,4±0,0a	10,1±0,0b	10,1±0,0b	10,0±0,0b
Couleur (Abs440nm)	JG	0,1±0,0c	0,3±0,0b	0,3±0,0b	0,4±0,0a
	JR	0,2±0,0d	0,3±0,0c	0,4±0,0b	0,5±0,0a
	JM	0,1±0,0d	0,3±0,0c	0,4±0,0b	0,5±0,0a
Indice de brunissement (Abs420nm)	JG	0,1±0,0d	0,3±0,0c	0,4±0,0b	0,5±0,0a
	JR	0,2±0,0d	0,4±0,0c	0,5±0,0b	0,7±0,0a
	JM	0,2±0,0d	0,4±0,0c	0,5±0,0b	0,7±0,0a
Vitamine C (mg/100 mL)	JG	331,3±0,9a	325,0±0,2b	318,1±0,3c	312,2±0,5d
	JR	382,8±1,9a	362,7±0,0b	342,7±1,3c	322,5±1,6d
	JM	359,2±1,2a	349,1±0,0b	339,0±0,2c	328,3±0,5d
Tanin (mgEqCatéchine/100 mL)	JG	44,5±1,0a	34,2±0,4b	24,5±0,1c	14,6±0,1d
	JR	79,1±1,9a	64,7±0,0b	50,7±0,5c	36,0±0,0d
	JM	74,2±5,0a	65,2±0,0b	56,2±0,0c	47,2±0,0d
Phénol (mg Ac gali/L)	JG	1681,0±7,1a	1648,3±0,5b	1616,1±0,4c	1584,0±0,1d
	JR	1834,0±11,3a	1823,4±0,0a	1756,7±0,0b	1690,3±1,1c
	JM	1830,0±22,6a	1794,3±0,5ab	1759,7±0,5bc	1725,0±0,1c

Les valeurs avec différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes à 5% selon le test de SNK

Plusieurs travaux ont montré que les conditions de conservation ont un effet significatif sur la stabilité du jus de pommes de cajou. En effet, la conservation des jus de pommes de cajou pendant 48 heures à 4 °C a eu comme conséquence la perte de l'acide ascorbique jusqu'à 8,8 % pour le jus concentré et 6,4 % pour le non concentré. Les autres paramètres sont demeurés stables pendant l'entreposage (Queiroz et al., 2008). L'évaluation de la stabilité physico-chimique du jus de pommes de cajou gardé à la température ambiante pendant 24 h, mis au réfrigérateur pendant sept jours ou congelé pendant 120 jours a montré que la teneur en acide ascorbique du jus de cajou frais qui était de $147,29 \pm 0,41$ mg/100 mL a été réduit de 6,57 % une fois gardé à la température ambiante. Dans le jus entreposé au réfrigérateur et congelé, le taux de réduction de l'acide ascorbique a été respectivement de 1,16 %/jour et 0,05 %/jour. Les autres paramètres physico-chimiques sont demeurés stables (Lavinias et al., 2006). Selon les travaux de Vijayanand et al. (2010) sur le jus de Litchi chinensis L, aucun changement significatif ($p \geq 0,05$) n'a été observé au niveau de l'ESR, du pH, de l'acide ascorbique pendant le stockage, mais le brunissement non enzymatique et la teneur en tanins ont augmenté ($p < 0,05$) au bout de 6 mois de stockage. Galeb et al. (2002) ont observé également une augmentation du brunissement non enzymatique dans le jus concentré de cantaloupe stocké à 25 °C pendant 4 mois. Pour ces auteurs, ce résultat pourrait s'expliquer par le pH élevé du cantaloupe et la forte température d'entreposage. La même tendance a été observée par Sandhu et al. (1985) au cours du stockage du jus d'ananas. Alper et al. (2005) ont rapporté une réduction de 22,7 % de la teneur initiale en phénols du jus de grenades après le collage et la pasteurisation. Pour Siebert. (2006), le phénomène de brunissement enzymatique subi par les jus est l'un des défauts de ce type de boisson. Les réactions de co-oxydation et de polymérisation induisent des changements de couleur et d'arôme et la présence de polyphénols dans les jus augmente leur susceptibilité au brunissement enzymatique.

Par contre, le test de l'efficacité des conservateurs chimiques en combinaison (benzoate de sodium et métabisulfite de sodium à 0,1 g/L chacun, benzoate de sodium et à acide citrique à 0,1 g/L chacun et métabisulfite de sodium et métabisulfite de potassium à 0,05 g/L chacun) a prolongé la durée de conservation du jus de pommes de cajou jusqu'à 20 jours, la vitamine C et les sucres totaux des échantillons se sont avérés presque stables (Talasila et al., 2012). La durée de conservation du jus traité avec l'acide citrique et l'acide benzoïque à 0,1 g/L chacun et

stockée à 4 °C a été prolongée jusqu'à 90 jours (Talasila et al., 2011). Le jus de pommes de cajou, micro-filtré à travers une membrane tubulaire de 0,3µm de diamètre des pores après une hydrolyse et conservé à de basses températures, a été stable pour la consommation après une durée de conservation de deux mois, comme source de vitamine C et sans aucune turbidité (Campos et al., 2002).

Il a été observé dans toutes les bouteilles quel que soit l'agent clarifiant, la formation et le dépôt de sédiment. Certaines études ont montré que même les jus ayant subi une ultrafiltration sont sujets à la formation de sédiments après embouteillage (Nagel et Schobinger, 1985). Floribeth et Lastreto (1981) ont rapporté que jusqu'à une teneur résiduelle de 1 %, l'amidon peut être responsable de la formation de particules dans le jus et gêner sa filtration. Selon Carrin et al. (2004), la présence de l'amidon dans le jus peut causer la formation de particules. Il a été démontré que les composés phénoliques sont aussi responsables de la formation de sédiments insolubles dans les jus (Musingo et al., 2001). Selon Garrido et al. (1993), la formation de sédiment induit par les composés phénoliques est accélérée par les fortes températures de stockage et les traitements thermiques de pasteurisation. Pour Yamaski et al. (1964) ce défaut est connu sous le terme de sédimentation tardive et pourrait se développer si le jus, au cours du processus de sa production, a été soumis à des températures supérieures à la température de stockage comme cela a été le cas dans cette étude.

Stabilité microbiologique des différents jus clarifiés au cours du stockage

L'évaluation des caractéristiques microbiologiques des jus au cours du stockage a révélé qu'aucun microorganisme n'a été identifié dans les jus au bout de 135 jours de stockage.

Ceci pourrait s'expliquer par le fait que le traitement thermique de pasteurisation a été efficace pour éliminer tous les microorganismes à T₀ jour. La stabilité microbiologique des jus indique qu'il n'y a pas eu de développement de spores au cours du stockage à la température ambiante (30 °C±2). Le pH relativement bas des jus ne favorise pas également le développement de la plupart des bactéries (Ranganna, 1986). La même tendance a été observée Talasila et al. (2011) sur les jus de pommes de cajou additionnés de conservateurs chimiques (acide citrique et acide benzoïque) jusqu'à 90 jours. Au-delà de trois mois il y a eu développement de bactéries (< 5 UFC/mL), de levures et moisissures (1UFC/mL) dans les jus en raison de la germination des spores suite à la baisse graduelle de l'efficacité des conservateurs chimiques utilisés. L'évaluation de la stabilité microbiologique du jus de pommes de cajou gardé à la température ambiante pendant 24 h, mis au réfrigérateur pendant sept jours et congelé pendant 120 jours a montré pour le jus gardé à la température ambiante, une augmentation du nombre de bactéries mésophile et des levures et moisissures. Dans le jus entreposé au réfrigérateur pendant sept jours, le nombre des bactéries mésophiles a diminué et celui des levures et des moisissures s'est accru. Par contre, dans les jus surgelés, le nombre de levure et de moisissure a été réduit par rapport aux nombres initiaux, alors que les bactéries mésophiles ont montré de variation jusqu'au 30^{ème} jour et sont restés stables jusqu'au 120^{ème} jour (Lavinias et al., 2006).

Acceptabilité globale des jus après stockage

Le tableau 6 présente l'appréciation globale des jus à 0 jour et à 135 jours de stockage par les consommateurs. L'analyse de la variance a montré que tous les jus ont été trouvés toujours agréables par les consommateurs après 135 jours de stockage. Selon les travaux de Talasila et al. (2012), les attributs sensoriels du jus de pomme de cajou additionnés de conservateurs chimiques ont également indiqué une bonne acceptabilité globale après 20 jours de conservation. Vijayanand et al. (2010) ont observé que sur le plan sensoriel, le jus de Litchi chinensis L est resté stable par rapport à la couleur, le goût et l'odeur au bout de 6 mois.

Tableau 6: Appréciation globale des jus à 0 jours et à 135 jours de stockage

Produits	Temps	JG	JM	JR
Acceptabilité Globale	T ₀ jour	7.1±0.8ab	6.7±1.0ab	7.0±0.8ab
	T ₁₃₅ jours	7,3±0,5a	5,8±1,5c	6,6±0,8b

Les valeurs avec différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes à 5% selon le test de SNK

Conclusion

La clarification du jus de pomme de cajou n'influence pas le pH, l'acidité titrable, la couleur, l'indice de brunissement et la teneur en minéraux des jus. La gélatine a été plus performante pour l'élimination des tanins et des polyphénols comparés aux deux types d'amidon. Il a été noté une perte de 9 à 21 % de la vitamine C des jus qui serait induite par l'opération de pasteurisation des jus et non par la nature des agents clarifiants utilisés. La perte en vitamine C la plus importante a été observée au niveau du jus clarifié à la gélatine et la moindre au niveau du jus clarifié à l'amidon de riz. Au plan sensoriel, sur l'échelle JAR, les cinq caractéristiques (couleur, odeur, goût acide, goût astringent, goût sucré) du jus clarifié à la gélatine aussi bien que celles des jus clarifiés aux amidons de manioc et de riz ont été trouvées idéales pour le consommateur avec la même appréciation globale. Bien que les trois types de jus soient toujours agréables à la consommation après 135 jours de conservation à la température ambiante (30 °C±2) il a été noté une réduction significative (P<0,05) du pH, de l'ESR, de la teneur en phénol, en tanin et en vitamine C et une augmentation de l'indice de brunissement.

Références

- Adou M, Tetchi FA, Gbané M, Kouassi KN and Amani NG (2012). Physico-chemical characterization of cashew apple juice (*Anacardium occidentale* L.) From Yamoussoukro (Côte d'Ivoire). *Innovative Romanian Food Biotechnology*.11: 32-43.
- Akinwale TO (2000). Cashew apple juice: Its use in fortifying the nutritional quality of some tropical fruits. *European Food Research and Technology*. 211: 205-211.
- Akinwalé TO and Aladesua OO. (2001) Comparative study of physico-chemical properties and effect of different techniques on the quality of cashew juice from Brazilian and local varieties. *Nigeria Journal of Tree Crop Research*. 3 (1): 56-58.
- Alper N, Onsekizoglu P and Acar J. (2005). Effects of various clarification treatments on phenolic compounds and organic acid compositions of pomegranate (*Punica granatum* L.) juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35, 313-319.

- Anon (2003). Triangle plots: graphic display of “just right” scale data. *Research on Research* 56. 1-6. Market Facts of Canada, Toronto, Canada.
- Bracco A (1986). Tropical fruit juice: conquering a place of its own. *Alimentos e Tecnologia*. 89: 4-9.
- Campos DCP, Santos AS, Wolkoff DB, Matta VM, Cabral LMC and Couri S (2002). Cashew apple juice stabilization by microfiltration. *Desalination*. 148: 61-65.
- Carrin ME, Ceci LN and Lozano JE (2004). Characterization of starch in apple juice and its degradation by amylases. *Food Chemistry*. 87 (2):173-178.
- Carvalho LMJ, Castro IM and Silva CAB (2008). A study of retention of sugars in process of clarification of pineapple juice (*Ananas comosus*, L. Meril) by micro- and ultra-filtration. *Journal of Food Engineering* 87:447-454.
- Costa MCO, Maia GA, Figueiredo RW, Souza Filho MM and Brasil IM (2003). Storage stability of cashew apple juice preserved by hot fill and aseptic processes. *Ciencia. Tecnológica. Aliment.* 23: 106-109.
- Damasceno LF, Fernandes FANM and Brito ES (2008). Evaluation and optimisation of non-enzymatic browning of “cajuína” during thermal treatment. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. 25(2): 313-320.
- De-carvallio, J.M., Maia, G.A., de Figueiredo, R.W., de Brito, E.S. and Rodrigues, S., Storage stability of a stimulant coconut-cashew apple juice beverage, *Journal of Food Processing and Preservation*, 31: 178-189. 2007.
- Dèdèhou ESCA, Dossou J, Soumanou MM, (2015). Diagnostic study of cashew apple juice processing technologies in Benin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 9 (1): 371-387.
- Dèdèhou, E. S., Dossou, J., Ahohuendo, B., Saidou, A., Ahanchede, A., & Soumanou, M. M. (2015). Optimization of cashew (*Anacardium occidentale* L.) apple juice’s clarification process by using cassava and rice starch. *Journal of Applied Biosciences*, 95, 8989-9002.
- Dèdèhou-Attemba ESCA, Dossou J, Soumanou MM, (2023). Physico-chemical characterization of cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) from Benin: cultivars and agroecological zone effects. *International Journal of Biosciences*. 22 (2): 92-101.
- Floribeth V and Lastreto C (1981). A study of the production of clarified banana juice using pectinolytic enzymes. *Journal of Food Technology* 16:115-125.
- Galeb ADS, Wrolstad RE and McDaniel MR (2002). Composition and quality of clarified cantaloupe juice concentrate. *Journal of Food Processing and Preservation*. 26:39-56.
- Garrido VM, Sims CA, Marshall MR and Bates RP (1993). Factors influencing ellagic acid precipitation in muscadine grape juice during storage. *Journal of Food Sciences*. 58: 347-353.
- Irevisan, M.T., Pfundstein, B., Haubner, R., Wurtele, G., Spiegelhalder, B., Bartsch, H. and Owen, R.W., Characterization of alkyl phenols in cashew (*Anacardium occidentale*) Products and assay of their antioxidant capacity: *Food Chemical Toxicology*, 44: 188-197. 2006.
- Lavinas FC, de Almeida NC, Miguel MAL, Lopes MLM, Valente-Mesquita VL (2006). Estudo da estabilidade química e microbiológica do suco de caju in natura armazenado em diferentes condições de estocagem. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*. 26 (4):875-83.
- Mahajan VVC (1994). Biochemical and enzymatic changes in apple during cold storage. *Journal of Food Sci, Tech, Mysore*. 31, 142-144.
- Musingo MN, Sims CA, Bates RP, O’Keefe SF, Lamikanra O. (2001). Changes in Ellagic Acid and Other Phenols in Muscadine Grape (*Vitis rotundifolia*) Juices and Wines during Storage. *American Society for Enology and Viticulture*. 52: 109-114.
- Nagel CW, Schobinger U (1985) Investigation of the Origin of Turbidity in Ultrafiltered Apple and Pear Juice Concentrate. *Confructa Studien* 26: 16.
- Plaehn, D. (2009). *Understanding Penalty Analysis*. InsightsNow, Inc.
- Queiroz PC, Lavinas FC, Lopes MLM and Valente-Mesquita VL (2008). Industrialized cashew juices: variation of ascorbic acid and other physicochemical parameters. *Ciência e Tecnologia de Alimentos Campinas*. 28: 266-270.
- Ranganna S (1986). *Handbook of analysis and quality control for fruit and vegetable products*. 2nd ed. New Delhi: McGraw Hill, pp. 9, 80.
- Rothman L (2007). *The use of just-about-right (JAR) scales in food product development and reformulation in Consumer-Led Food Product Development*. CRC Press, Boca Raton, Boston.
- Sandhu KS, Bhatia BS, Shukla FC (1985). Physico-chemical changes during storage of Kinnow mandarin orange and pineapple concentrates. *Journal of Food Science and Technology*. 22: 342-345.
- Siebert KJ (2006). Haze formation in beverages. *LWT-Food Sci Technol*. 39: 987-994.
- Sivagurunathan P, Sivasankari S, Muthukkaruppan SM (2010). Characterisation of cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) fruits collected from Ariyalur District. *Journal Of Biosciences Research*. 1(2): 101-107.
- Talasila U, Vechalapua RR and Shaik KB (2012). Storage stability of cashew apple juice -Use of artificial preservatives. *Journal of Food and Processing & Technology*. 10 (4): 117-123.
- Talasila U, Vechalapu RR and Shaik KB (2012). Clarification, Preservation, and Shelf Life Evaluation of Cashew Apple Juice. *Food Science Biotechnology* 21(3): 709-714.
- Vijayanand P, Kulkarni SG and Prathibha GV (2010). Effect of pectinase treatment and concentration of litchi juice on quality characteristics of litchi juice. *Journal of Food Science and Technology*. 47(2): 235-239.
- Vivekanand V, Iyer M and Ajlouni S. (2012). Clarification and Stability Enhancement of Pear Juice using Loose Nanofiltration. *Journal of Food Processing and Technoogy*. 3:6 <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7110.1000162>.
- Xiong R, Meullenet J and Findlay CJ (2007). *Multivariate and probabilistic analyses of sensory science problems*. Blackwell Publishing: 207-212.
- Yamaski M, Yasui T and Arima K (1964). *Agriculture and Chemistry*. 28: 779-787.

EFFETS D'ALIMENTS À BASE DE PULPE D'ANACARDE (ANACARDIUM OCCIDENTALE L.) SÉCHÉE SUR LES PERFORMANCES DES POULETS DE CHAIR EN PHASE DE CROISSANCE EN CASAMANCE/SÉNÉGAL

Seydou Ndiaye^{1*}, Pape Ibrahima Djighaly¹, Omar Boun Atab Diedhiou¹, Paul Diamaleuk Badiane¹, Ibrahima Diatta²

¹Université Assane Seck de Ziguinchor, Laboratoire d'Agroforesterie et d'Ecologie, BP 523 Ziguinchor (Senegal)

²Unité de transformation de fabrication d'aliments Valagro (Bignona/Ziguinchor/Sénégal)

*Correspondance e-mail : seydougdp@gmail.com

RÉSUMÉ

En Casamance, une valorisation de la pulpe d'anacarde au profit de l'alimentation de la volaille pourrait contribuer à la réduction des coûts des aliments de volaille. Cette étude consiste à tester « en phase croissance » l'effet de la pulpe d'anacarde séchée, collectée suivant quatre itinéraires de collecte et de traitements pour la fabrication d'aliments de volaille en période de croissance. L'expérience a duré 40 jours avec un effectif de 190 poussins de souche Cobb500 répartis en 5 groupes de manière aléatoire dont un groupe témoin (Gt). Les individus de chaque groupe ont été soumis au même régime alimentaire avec l'aliment industriel 'AVISEN' en période de démarrage. En période de croissance, le maïs a été substitué à hauteur de 18% à la pulpe d'anacarde séchée. Les paramètres mesurés sont le gain moyen quotidien (GMQ) et la quantité d'aliment ingérée (indice de consommation). Le témoin a reçu de l'aliment industriel 'AVISEN' pendant toute l'expérience, les quatre autres groupes ont reçu quatre types d'aliment contenant de la pulpe d'anacarde séchée. Il ressort de cette expérimentation que les poulets alimentés avec un aliment contenant de la pulpe d'anacarde issue des itinéraires B et D ont enregistré des performances plus proche du témoin avec des poids moyen de 1,390 Kg chacun contre 1,612 Kg pour le témoin (Gt) au 40ième jour. Les indices de consommation ont été plus élevés avec le groupe 4 (2,8), suivi du groupe 1 (2,7), du Groupe 2 (2,6) et du Groupe 3 (2,4) comparés au témoin (1,8). Il est recommandé d'utiliser les itinéraires B et D pour la collecte et le traitement de la pulpe d'anacarde pour la fabrication des aliments de volaille.

Mots clés : pulpe d'anacarde, poulet de chair, indice de consommation.

INTRODUCTION

Originaire des Caraïbes et du Nord-Est du Brésil, l'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) est aujourd'hui largement cultivé dans toutes les zones tropicales, comme en Afrique, aux Antilles, dans le Nord-Est brésilien, en Asie du Sud-Est et en Inde (Lautié et al., 2001 ; Trekpo, 2003). Il est longtemps cultivé par les peuples indigènes avant sa découverte par les portugais qui l'on introduit plus tard dans les colonies africaines (Abdou et al., 2012). Au Sénégal, *Anacardium occidentale* L. est introduit en 1914 pour le reboisement des zones dégradées (Totjssaint-Norlet et Giffart, 1961). L'intérêt s'est par la suite affirmé avec l'accroissement de la demande en noix brute des industries indiennes et vietnamiennes (PADEC, 2012).

La production mondiale de noix d'anacarde a connu une croissance exponentielle en passant de 288 000 tonnes en 1961 à 4 087 563 en 2016 (FAOSTAT, 2019). Le Sénégal exporte environ 50 000 T/an (ACA, 2020). L'anacardier occupe une part importante dans l'économie du pays faisant du Sénégal le 15e pays producteur de noix brutes au monde et le 9e en Afrique (ACA, 2014). Un verger d'anacardier bien entretenu et fertilisé produit entre 1,5 à 2 tonnes de noix par hectare et environ 20 tonnes de pommes au maximum de sa production (Modeste et Louppe, 2003). Ainsi le tonnage récolté à l'hectare pour la pomme de cajou est de 5 à 9 fois supérieure à celui de la noix (Lautié et al., 2001). Les pommes d'anacardes sont jetées après extraction du jus ou même sans extraction dans les champs après récolte de la noix. Au même moment, la filière avicole sénégalaise en perpétuelle évolution avec un chiffre d'affaires de 68 milliards F CFA (Diaw et al., 2010) souffre d'une demande supérieure à l'offre en aliment de poulet. Ce faux fruit, considéré comme un sous-produit de l'exploitation de la noix, représente un enjeu économique considérable. La fermentation rapide de la pomme de cajou constitue l'une des difficultés liées à sa valorisation dans l'alimentation animale (Aboh et al., 2011). Cependant, son utilisation a été signalée dans l'alimentation des lapins (Fanimu et al., 2003), de canetons de Barbarie (Aboh et al., 2012). Au Sénégal, la transformation de la pomme reste encore assez expérimentale et le fruit est encore très faiblement valorisé (PADEC, 2016). Une valorisation de la pomme dans l'alimentation des poulets pourrait diminuer le coût des aliments de volaille. Ainsi l'objectif de cette étude est de contribuer à la valorisation des sous-produits de l'anacarde par la transformation de la pulpe d'anacarde séchée pour l'alimentation des poulets de chair.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Méthodes de collectes et traitement de la pulpe

Quatre itinéraires (A, B, C et D) ont été utilisés pour la collecte et le traitement de la pulpe d'anacarde. Chaque itinéraire a constitué un sous-produit de la pulpe d'anacarde. La réduction des facteurs antinutritionnels du cajou a été une motivation pour le choix de ces différents itinéraires ci-dessous.

2.1.1. Pulpe prélevée dans un dépotoir et séchée (Photo A)

La pulpe a été collectée sur un dépotoir de pulpe de cajou âgé de deux mois. Il s'agit d'un dépotoir de pulpe de cajou jetée après extraction du jus avec une presse à cric. Ce dernier est sous ombrage et a un diamètre croisé de 6,45 m, une épaisseur de 0,70 m et une température moyenne de 43,3 °C à la surface, de 47,8 °C à 35cm et de 48,3 °C à 70 cm de profondeur. Un prélèvement de pulpe de cajou était fait verticalement au centre de manière à toucher toutes les couches de ce dépotoir. Cette pulpe a été ensuite séchée au soleil sur des étoffes pendant 5 jours. Un

ruban métrique de 15 m et une pelle ont été utilisés pour la mesure de diamètre, de l'épaisseur et le prélèvement de la pulpe.

2.1.2. Pulpe séchée après extraction du jus avec rajout de 1% de sel (Photo B)

Une pulpe de pomme de cajou fraîche, c'est à dire ramassée et pressée le même jour a été récupérée après extraction du jus par presse à cric. Cette pulpe a été mélangée avec du sel iodé à une proportion de 1% (100kg de pulpe pour 1kg de sel) puis séchée au soleil sur des étoffes pendant 6 jours. En effet, le sel participe à la bonne conservation des qualités organoleptiques des aliments en agissant comme un déshydratant et en diminuant l'activité de l'eau. Il inhibe ainsi le développement des microorganismes et stoppe les réactions enzymatiques (Mishra et Gupta, 2006).

2.1.3. Pulpe séchée après extraction du jus, lavage et prés-cuisson (Photo C)

La pulpe fraîche a été récupérée directement après extraction du jus par presse à cric, lavée, prés-cuit et séchée au soleil. En effet le lavage permet de diminuer le glucose (pour limiter la fermentation) et le tanin (Zimmer et Cordesse 1996), les deux étant soluble dans l'eau. La prés-cuisson permet de conserver les qualités organoleptiques de la pulpe et d'améliorer la digestibilité de la pulpe. La prés-cuisson s'est faite comme suit :

Tout d'abord, la marmite est mise sur feu avec de l'eau et de l'amidon à une proportion respective de 16% et 1% et laissez bouillir pour en faire de la bouillie. En effet, l'amidon permet de capter le tanin ;

Ensuite, peser, mettre la pulpe dans la marmite et laissez bouillir pendant 30 minutes ;

Et en fin, retirer la marmite du feu, vider l'eau et sécher au soleil sur des étoffes pendant 5 jours.

2.1.4. Pulpe enfouie dans une fosse après extraction du jus avec rajout de 2% de sel (Photo D)

La pulpe fraîche a été récupérée après extraction du jus par la presse à cric, salée avec un sel iodé à une proportion de 2% (100kg de pulpes pour 2kg de sel) et enfouie dans une fosse. La proportion de sel rajoutée à l4 a été évaluée de façon à ce que son taux de concentration dans le produit fini ne constitue pas une limite nutritionnelle lors de la formulation de l'aliment composé. En effet, la teneur en sel de l'aliment indiquée pour la nutrition du poulet de chair est de 0,15 à 0,23% (Cobb500, 2012). Le produit de la fosse a été conservé pendant 4 semaines.



Figure 1 : Différentes méthodes collectes et de traitement de la pulpe

2.3. Fabrication des différents types d'aliment de croissance

Il s'agit de la formulation et de la confection de l'aliment.

2.3.1. Formulation de l'aliment

Un aliment composé de croissance a été formulé par différents ingrédients. Les ingrédients ont été choisis selon leur composition en nutriments puis formulés par programmation linéaire à l'aide du logiciel de formulation Feedwin. La formulation, par l'intermédiaire de la programmation linéaire, permet d'atteindre les objectifs nutritionnels et économiques.

La résolution algébrique Feedwin recherche des niveaux d'incorporation x_i de N_j ingrédients, caractérisés par :

- un vecteur technique (a_{ij})
- et un coût c_j , au sein d'un mélange M_i qui doit respecter des contraintes B_i

$$\sum a_{ij} X_j \leq B_i$$

Et qui doit présenter un coût minimal

$$\sum c_j X_j$$

En tenant compte du fait que la programmation linéaire ne peut être appliquée que grâce au fait que les unités d'alimentation ou besoins nutritifs du poulet sont additifs, des formules alimentaires sont composées pour les quatre groupes de poulets. La différenciation des quatre types d'aliments est exprimée par l'itinéraire utilisé pour la collecte et transformation du cajou. Les unités d'alimentation sont restées identiques pour l'ensemble des quatre groupes. Le maïs a été substitué à la pulpe d'anacarde à hauteur de 18% dans l'aliment de croissance fabriqué. En effet, le maïs compte tenu de la qualité de son apport en énergie digestive (ED) reste la céréale de base dans les formulations

avec des taux d'incorporation autour de 60% pour le poulet. Pour l'aliment de l'expérience le maïs représente 45,4%. Le tourteau d'arachide et la farine de poisson ont une proportion respective de 15% et de 18,7% (Tableau 1). Ainsi une estimation de la composition chimique est faite par le logiciel Feedwin (Tableau 2).

Tableau 1 : Composition en nutriments de l'aliment en croissance

INGREDIENTS	POURCENTAGE (%)
Maïs	45,4
Tourteau d'arachide	15
Farine de poisson	18,7
Cajou	18
Huile végétale	2,5
Lysine	0,2
Méthionine	0,1
Sel	0,3
CMV	0,125
Afimould	0,150

Tableau 2 : Composition physicochimique estimée en croissance

COMPOSITION ESTIMEE*(1)	POURCENTAGE (%)
ME (kcal/kg)	3155
Lysine	1,09
Méthionine	0,51
CF	6,05
CP	20,39
Ca	1,17
P	0,70

*(1) Valeur indiquée par le logiciel de formulation feedwin

2.4. Protocole expérimental

2.4.1. Dispositif expérimental

A la fin de la phase démarrage, sur les 200 poussins de la bande, un reste de 190 poussins a été noté. Ces 190 poussins ont été répartis en 5 groupes de 38 poussins chacun. Ces groupes ont été répartis dans 5 cloisons de 4m² chacun qui ont été faits dans le bâtiment d'élevage (Figure 6). Dans chaque cloison a été disposé du copeau de bois, un abreuvoir de 5litres et deux mangeoires linéaires de 1m. Ces groupes de poussins ont été alimentés par des aliments différents pendant la phase croissance qui a duré 23 jours (du 17ème jour au 40ème jour d'élevage).

2.4.2. Conduite de l'essai

2.4.2.1. Contrôle de la consommation

A chaque distribution d'aliment, la quantité d'aliment distribuée à chaque groupe a été pesée. La quantité d'aliment restante dans les mangeoires a été également contrôlée avant renouvellement. Cette procédure est généralisée pour tous les groupes et elle a permis de déterminer :

CAM : La quantité d'aliment moyenne ingérée par sujet/groupe

Avec $CAM = Q = (Q_d - Q_r) / \text{nombre de sujets par groupe}$

Q : quantité d'aliment ingérée du jour (J_i) jusqu'au jour (J_{i+n})

Q_d : quantité d'aliment distribuée

Q_r : quantité d'aliment refusée

IC : L'indice de consommation par groupe/période

En se basant sur les quantités ingérées et sur les GMQ, les indices de consommation peuvent être calculés (IC) : $IC = IC (J_i, J_{i+n}) = Q_i (J_i, J_{i+n}) / GMQ$

2.4.2.2 Contrôle du poids

Pour le contrôle du poids des sujets, une balance à aiguille a été utilisée. Des fréquences de pesage de 3 jours réguliers ont été faites pour connaître le poids moyen par groupe et de déterminer l'IC y afférant. En effet, tous les sujets de chaque groupe ont été pesés sur un intervalle de 3 jours (tridien). Ce qui a permis de calculer l'indice de consommation (IC) ou ratio de conversion alimentaire moyen par groupe. Le ratio de conversion alimentaire est le ratio qui mesure la conversion de la quantité d'aliments consommées en poids vif corporel. L'objectif de ce contrôle est de déterminer les paramètres suivants :

P : le poids moyen/ individu/ groupe à chaque pesée (g) ;

$P = (\text{somme des poids de tous les individus pesés dans le groupe}) / (\text{nombre total des individus du groupe})$

2.5 Traitement des données

Les différents résultats recueillis tout au long de l'expérience ont fait l'objet d'une analyse de la variance grâce au logiciel XLSTAT. Le test de Student Newman Keuls au seuil de 5 % a permis de comparer l'effet des différents itinéraires de collecte et de transformation de la pulpe

d'anacarde séchée sur la croissance des poulets de chair. Les graphiques ont été réalisés avec le tableur Excel version 2010.

3. Résultats

3.1. Caractéristiques physicochimiques de la pulpe issue des différents itinéraires

L'analyse de la pulpe des différents itinéraires a révélé un pH acide pour les quatre itinéraires (Tableau 4). L'itinéraire B a le pH le plus acide (pH=3,72), suivi de l'itinéraire A (pH=4), de C (pH=4,05) et de D qui a le pH le moins acide (pH=4,36). L'analyse de l'humidité montre que la teneur en eau est plus faible pour A et C. Cependant les itinéraires B (humidité = 38,3%) et D ont des valeurs d'humidité 3 fois plus importantes que les deux premières (A et C).

Tableau 4 : L'humidité et le pH des différents itinéraires

Itinéraires	pH	Taux d'humidité (%)
A	4,00	12,20
B	3,72	38,30
C	4,05	12,70
D	4,36	41,40

3.2. Consommation en aliment

Une augmentation progressive de la quantité d'aliment ingérée est notée du premier au huitième tridien pour le Gt, G2, G3 et G4. Pour le G1, une augmentation est notée du premier au deuxième tridien et une diminution du deuxième au troisième tridien pour ensuite augmenter jusqu'au huitième tridien (Figure 7). L'ANOVA a révélé que la consommation en aliment n'est pas significativement différente entre les groupes Gt, G1, G2, G3 et G4 ($p \geq 0,48$).

Figure 7 : Evolution de la consommation en aliment en fonction des jours (tridien)

3.3 Evolution du poids

La figure 8 renseigne sur l'évolution du poids moyen des différents groupes durant les 23 jours de l'expérience. Une augmentation progressive du poids moyen de chaque groupe est notée. Au 40ème jour de l'expérimentation, le groupe Gt a enregistré le poids moyen le plus important avec une valeur de 1612,16g, suivi du G4 (1390,27g), du G2 (1360,53g), du G3 (1288,16g), et du G1 (1243,24g).

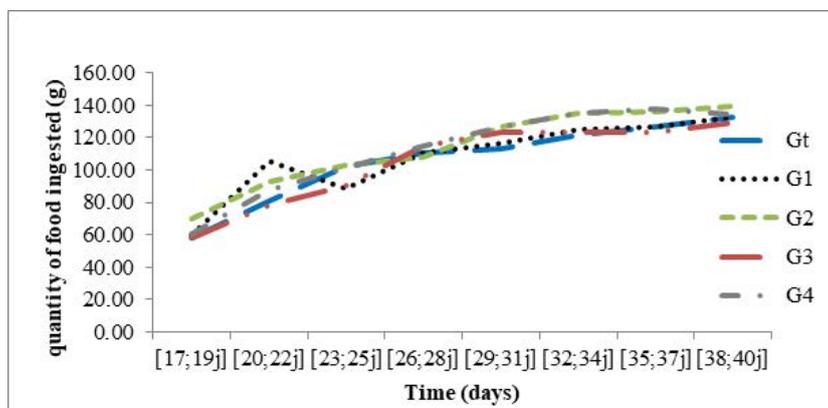


Figure 8 : Evolution du poids moyen en fonction des jours.

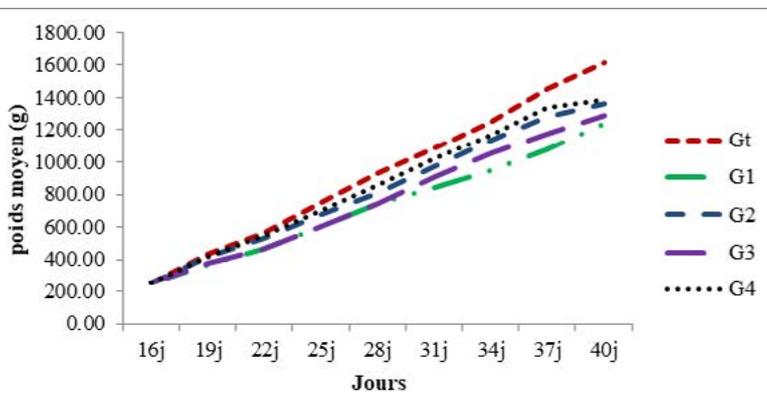
L'analyse statistique a révélé qu'il n'y a pas de différence significative ($p \geq 0,287$) entre les différents groupes avec le Tests de comparaisons multiples de Fisher (Tableau 5). En d'autres termes les rations issues des itinéraires valorisant la pulpe induisent le même poids chez le poulet et ce poids est sensiblement égal à celui du poulet nourri à l'aliment industriel.

Tableau 5 : Classement des groupes de poulets

Groupes de poulets	Poids (en g)	Regroupements
G1	726,382	A
G3	763,273	A
G2	826,431	A
G4	855,119	A
Gt	926,917	A

3.2.4. Indice de consommation (IC)

La figure 9 informe sur l'indice de consommation moyen des différents groupes durant toute la période de l'expérimentation. Le G4 a un IC plus important suivi du G1, du G2, du G3 et du Gt avec des valeurs respectives de 2,82 ; 2,71 ; 2,65 ; 2,47 et 1,89. L'analyse statistique montre que la différence n'est pas significative ($p \geq 0,113$) entre le groupe de poulets alimenté avec l'aliment industriel (Gt) et les groupes de poulets



G1, G2, G3 et G4 alimentés avec de l'aliment contenant du cajou. Cependant les rapports entre G1 et Gt, G2 et Gt, G3 et Gt ainsi que G4 et Gt montrent que les IC du G1, du G2, du G3 et du G4 sont respectivement 1,3 ; 1,4 ; 1,3 et 1,5 fois plus grand que l'IC du Gt.

Figure 9 : Indice de consommation moyen en fonction des groupes

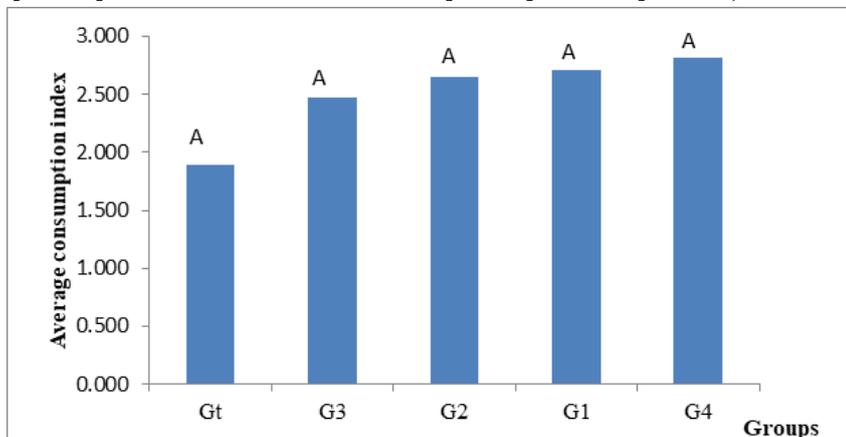
4. Discussion

Les facteurs qui influent sur la durée de séchage des produits sont la température et l'humidité ambiante. Ces deux paramètres associés à la pression atmosphérique accélèrent ou ralentissent la durée de séchage qui est rapide au départ et progressivement lente. Dans la pratique l'humidité maximale pour la conservation des produits agricoles est de 11% (Pangui et al., 2011).

La valeur nutritive des ingrédients est exprimée en pourcentage de la matière sèche. Un aliment contenant une importante proportion d'eau, comparé à son semblant plus sec, apparaît être moins concentré en nutriments. Par contre il est constaté que les matières premières obtenues avec rajout de sel (B et D) pour accélérer le séchage ont produit les meilleures performances de croissance chez le poulet de chair alors qu'elles sont plus humides. Il est supposé que les itinéraires de transformation des matières premières A et C aient subi une détérioration de la qualité nutritionnelle des cellules. Le constat de la fermentation rapide de la pomme de cajou a été rapporté par certains auteurs, ceci du fait de la transformation du glucose en éthanol (Aboh et al., 2011).

Les ingrédients sec riches en fibres sont thermolabile, en contact avec l'air ils perdent progressivement leur qualité énergétique (Sauvant et al., 2004). La destruction des nutriments des produits cajou moins humide par échauffement pourrait être la seconde raison des contreperformances des A et C. En effet, les valeurs en humidité de B et D sont supposées élevées, comparées à A et C qui ont cependant enregistré les plus faibles gains de poids.

La plus petite performance d'entre les quatre lots exprimée par cet itinéraire est supposée être induite par la qualité initiale de la pulpe de cajou qui a été prélevé sur un amoncellement composé de pomme de plusieurs jours de récolte. Ceci renseigne de l'importance de la fraîcheur de la



matière première. Cependant son IC de 2,82, proche de celui du groupe témoin Gt pourrai être dû aux effets combinés d'une évacuation du tanin par l'effet de l'égouttage de la pomme d'une part et de la dissipation, d'autre part de l'éthanol en milieu anaérobie.

Le groupe de poulets alimenté avec le produit issu de A a présenté la meilleure homogénéité des sujets. Son IC de 2,7 en fin de cycle est relativement élevé par rapport à la moyenne indiquée par la revue d'information de la firme Isolysine propriétaire de la souche Cobb qui est de l'ordre de 1,6. Cela peut s'expliquer par une mauvaise estimation de l'énergie métabolisable pendant la formulation. Ce qui a entraîné une insuffisance de carburant nécessaire au métabolisme et transport des nutriments ingérés. L'appétibilité de l'aliment paraît apparent. Ceci est exprimé par un cumul de prise d'aliment de 911,40g/sujet même si l'efficacité alimentaire paraît faible, par contre la hausse de la teneur d'énergie de la ration pourrait corriger ce déséquilibre. La consommation en eau du groupe paraît normale.

Le procédé de transformation du produit fini de C à considérer des pratiques usuelles appliquées pour réduire ou éliminer le tanin et le glucose des produits agricoles. Malgré la prise en considération lors de la transformation de la nature biochimique du tanin et du glucose, le bilan nutritionnel enregistré par C paraît faible. En effet, le processus de réduction de la concentration en tanin par l'incorporation de la bouillie de riz n'était pas achevé. Le tanin supposé séquestrer par l'amidon de riz devait être éliminé avant la cuisson de la pulpe.

Le sel apparaît comme étant le déterminant majeur au maintien des éléments nutritifs de la pulpe et de l'amélioration de sa digestibilité par le poulet en croissance. Cette situation est supposée être induite par le potentiel de conservation des qualités organoleptiques des produits agricoles par le sel, notamment du glucose (source d'énergie) et des acides aminés contenus dans la pulpe. Les unités d'alimentation des

rations sont interchangeables : les protéines peuvent être catabolisées par l'organisme en énergie ou acide aminés et, vice versa. La sensation de satiété survient chez le poulet quand les besoins en énergies sont couverts (Sauvant et al., 2004). A défaut d'un dosage du produit fini issu de la transformation de la pulpe, il est supposé que la ration contenant le cajou de D renferme plus de protéine que les autres si on considère la réponse en produit animal de l'ordre de 1390g en 40 jours. Parmi les facteurs limitant de la digestion du cajou, il convient de souligner le rôle important de la teneur en tanin et en parois végétales de l'aliment composé. Le tanin contenu dans la pomme d'anacarde confère au produit une couleur noire et laisse une tache indélébile sur les étoffes. En effet, le tanin réduit la disponibilité des protéines de la ration par la constitution de liaisons d'atomes complexes. Il a été rapporté que les constituants des fibres du cajou séché représentent un taux de 20,07%.

Conclusion:

Le suivi des paramètres a été réalisé sur toute la phase expérimentale durant laquelle les poulets recevant l'aliment contenant de la pulpe de cajou issue des itinéraires I4 et I2 ont enregistré des résultats les plus intéressants que les poulets recevant des aliments contenant de la pulpe de cajou issue des itinéraires I1 et I3 en dehors des poulets recevant l'aliment industriel. Les itinéraires D et B ayant enregistré les meilleures performances que les itinéraires A et C, il est suggéré d'utiliser les itinéraires de collectes et de transformation D et B. Les valeurs enregistrées en pH de la pulpe transformée des quatre itinéraires étant toutes acides, des expériences allant dans le sens de diminuer l'acidité de la pulpe sont souhaitées.

Références:

- Aboh A.B, Dougnon J.T, Atchade G.S.T and Tandjiekpon A.M, 2012. Use of cashew apple in concentrated feed to feed growing Muscovy ducklings. Legal Deposit No. 6263 of 24 August 2012, 3rd quarter, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin ISSN : 978-99919-70-90-5.4p
- Aboh A.B, Dougnon J.T, Atchade G.S.T, Tandjiekpon A.M, 2011. Effect of cashew apple-based feeds on weight performance of growing ducklings in Benin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5(6): 2407-2414.
- ACA, 2014. African Cashew Alliance. Promoting African cashew nuts worldwide. May Newsletter No.4 .15p
- ACA, 2020. AfriCashewSplits, The source for the latest crop and price information. Week 19: April 27 - May 3, No. 08. 4p info@afriacashewalliance.com
- Adou M, Kouassi D.A, Tetchi F.A, Amani N.G, 2012. Phenolic profile of Cashew (*Anacardium occidentale* L.) of Yamoussoukro and Korhogo, Cote d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 49; 3331-3338.
- Cobb500, 2012. Performance and Nutritional Recommendations. 10p
- Diaw M.T, Dieng A; Mergeai G, Sy M, Hornick J.L, 2010. Effects of substituting groundnut meal with conventional cottonseed for broiler production in Senegal. 57p
- Fanimio A.O, Oduguwa O.O, Alade A.A, Ogunnaike T.O and Adesehinwa A.K, 2003. Growth performance, Nutrient Digestibility and Carcass Characteristic of growing rabbits fed cashew apple waste. *Livest. Resear. Rural Dev.* 15: 1-7
- FAOSTAT, 2019. Crops Cashews nuts, with shell. [Database], (accessed 5 January 2020).
- Lautié E, Manuel D.M, De Souza F, Reynes M, 2001. Cashew tree products: characteristics, processing and markets. CIRAD/EDP Sciences All rights reserved Fruits, Vol. 56, p. 235-248.
- Mishra N, Gupta A.K, 2006. Effect of salinity and different nitrogen sources on the activity of antioxidant enzymes and indole alkaloid content in *Catharanthus roseus* seedlings. *Journal of Plant Physiology*, 163, 11-18.
- Modeste G, Louppe D, 2003. Cashew Nut Characteristics. CIRAD-FORET. 2p
- PADEC, 2016. Casamance Economic Development Support Programme, Surveys on the Cashew Sub-sector in Senegal. Summary of the global report. 32p
- Pangui J.L, Sawadogo G.J, Assane M, 2011. Separate or mixed maize-based feed for broilers in the cool season in Senegal. *Ecole Inter-Etat des sciences et médecine vétérinaire de Dakar (Senegal)* 131p
- Sauvant D, Perez J.M, Tran G, 2004. Tableaux composition INRA-AFZ de et de valeur nutritive D des Destinées aux Matières Premières d'animaux élevage : 2ème édition. 306 p.
- Totjssaint-Norlet P and Giffard P, 1961. Darcassou (*Anacardium occidentale* L.) plantations in Senegal. 76p
- Trekpo P, 2003. Cashew tree cultivation in the Bassila region of northern Benin. Bassila Forest Resources Restoration Project. Republic of Benin, GIZ, 53p.
- Zimmer N and Cordesse R, 1996. Influence of tannins on the nutritional value of ruminant feed. *INRA Prod. Anim.* 9 (3), 167-179

DYNAMIQUE DE L'INFESTATION DES VERGERS D'ANACARDIERS (ANACARDIUM OCCIDENTALE L) DANS LE DÉPARTEMENT DE GOUDOMP (RÉGION DE SÉDHIYOU AU SÉNÉGAL) PAR LE FOREUR DE BOIS : APATE TEREBRANS PALLAS

Mamadou NDIAYE¹, Abdoul Aziz NDIAYE², Pr Mohamed Mahmoud CHARAHABIL²

¹ONG Shelter For Life/Projet LFFT-Cashew, ²Université Assane SECK de Ziguinchor/département d'Agroforesterie ;

Correspondance, e-mail : mamadoun@shelter.org; mcharahabil@univ-zig.sn; nabdoulaziz112@gmail.com

RÉSUMÉ

L'anacardier (*Anacardium occidentale* L) est une espèce importante, en particulier dans les zones rurales où il peut augmenter de manière significative le revenu des ménages. Toutefois, le rendement des vergers, qui se situe entre 250 et 300 kg par hectare, reste faible. Ceci peut être attribué à la faible adoption de bonnes pratiques agricoles et à l'utilisation de matériel végétal non amélioré, et surtout à la persistance de problèmes phytosanitaires, y compris les attaques d'insectes ravageurs dont *Apate terebrans* Pallas qui est un foreur de tige compromettant la productivité. Cette étude visait à évaluer la présence du ravageur *Apate terebrans* Pallas, son impact sur les anacardiens et la perception locale de la dynamique d'infestation des vergers dans le département de Goudomp. Cinq (5) vergers ont été sélectionnés pour couvrir adéquatement la zone d'étude sur la base d'une (1) parcelle élémentaire d'un (1) hectare par verger. La présence du ravageur et les dégâts ont été déterminés en inspectant les parcelles élémentaires en diagonale avec des espacements de 10 m entre deux pieds observés. La perception locale de la dynamique d'infestation des vergers a été déterminée par des enquêtes auprès d'un échantillon aléatoire de 100 producteurs à partir d'une base de données. Les résultats obtenus ont montré que les taux d'infestation diffèrent sensiblement d'une localité à l'autre. En effet, il est de 28% à Terembasse, 33% à Djibanar 40% à Goudomp, 66% à Sindima et 80% à Mangacounda, le nombre moyen d'orifices par arbre est de 9,71 orifices/arbre et le nombre de branches endommagées varie entre 2 et 7 branches par verger. Les enquêtes ont révélé que 80% des producteurs attestent de la présence du ravageur dans les vergers, et que 48,5% des personnes considèrent que les dégâts ont un impact moyen sur la production. D'autre part, 25,8% des personnes interrogées considèrent que l'impact des attaques est sévère et 25,7% considèrent que l'impact des attaques a un faible impact sur la production. Le test de corrélation de Pearson indique des effets positifs entre la perception locale de la présence de l'espèce, le nombre d'orifices, le nombre de branches endommagées et le taux d'infestation. Il est indispensable d'étendre cette étude à d'autres ravageurs de l'anacarde au Sénégal afin d'apporter une réponse adéquate aux dégâts et aux pertes de production, et de proposer des moyens de lutte durables et efficaces pour améliorer la productivité des plantations d'anacardiens.

Mots-clés : Production, Ravageurs, Infestation, Dégâts, Perception paysanne, Goudomp

ABSTRACT

Dynamics of infestation of cashew orchards (Anacardium occidentale L) of the Goudomp zone in Senegal by the wood borer: Apate terebrans Pallas

The cashew tree (*Anacardium occidentale* L) is an important species especially in rural areas where it can significantly increase household income. However, the yield of orchards between 250 and 300 kg per hectare is still low. This may be attributed to low adoption of good agricultural practices and the use of unimproved plant material, and especially the persistence of phytosanitary problems, including insect pest attacks including *Apate terebrans* Pallas which is a stem borer compromising productivity. This study aimed to assess the presence of the pest *Apate terebrans* Pallas, its impact to cashew trees and the local perception of orchard infestation dynamics in the department of Goudomp. Five (5) orchards were selected to adequately cover the study area based on one (1) elementary plot of one (1) hectare per orchard. The presence of the pest and the damage were determined by inspecting the elementary plots on the diagonal with spacings of 10 m between two feet observed. Local perception of orchard infestation dynamics was determined through surveys of a random sample of 100 growers from a database. The results obtained showed that infestation rates differ significantly from one locality to another. Indeed, it is 28% in Terembasse, 33% in Djibanar 40% in Goudomp, 66% in Sindima and 80% in Mangacounda, the average number of orifices per tree is 9.71 orifices / tree and the number of damaged branches varies between 2 and 7 branches per orchard. Surveys revealed that 80% of growers attest to the presence of the pest in orchards, and that 48.5% of people consider that the damage has an average impact on production. On the other hand, 25.8% of respondents consider that the impact of attacks is severe and 25.7% consider that the impact of attacks has a low impact on production. The Pearson correlation test indicates positive effects between local perception of the presence of the species, the number of orifices, the number of damaged branches and the infestation rate. It is essential to expand this study on other cashew pests in Senegal in order to provide an adequate response to damage and production losses, and to propose sustainable and effective means of control to improve the productivity of cashew plantations.

Keywords: Cashew tree, *Apate terebrans*, Infestation, Damage, Goudomp, Farmer perception

1. INTRODUCTION

Originaire d'Amérique du Sud (Boris, 1949), plus précisément dans la région de Ceara au Nord-Est de la côte du Brésil (Trévian et al., 2005 ; Ohler, 1979), l'anacardier (*Anacardium occidentale* L) été déjà à l'époque très important pour les peuples autochtones qui utilisaient tant l'amande que le faux fruit de l'arbre. C'est par la suite que les navigateurs portugais l'ont introduit au sein de toutes leurs colonies tropicales afin de bénéficier des saveurs aromatiques de son faux fruit (Boris, 1949). C'est dans cet élan que l'anacardier a été introduit en Afrique de l'Ouest au 15^{ème} siècle par les navigateurs portugais (Martin et al., 1997 ; Azam et al., 2001).

De nos jours, l'importance de cette essence réside dans sa noix qui fait l'objet d'importante transaction dans le monde (Lefebvre, 1966 ; Dendena et Corsi, 2014). Sur la production mondiale estimée à plus de 8 millions de tonnes en 2020, l'Afrique y contribue à 58,4% (FAOSTAT, 2020) dont 1,9 million de tonnes en Afrique de l'Ouest, ce qui fait de cette région la première zone de production de noix brute dans le monde (Pierre Ricau, 2020).

Au Sénégal, particulièrement dans les régions de Ziguinchor, Kolda, Sédhiou et Fatick la production d'anacarde occupe une place primordiale, car englobe 25 337 producteurs répartis dans 22 551 ménages et génère 25 593 emplois pour un chiffre d'affaires de plus de 5 milliards en 2016 (PADEC, 2016). Ainsi l'exploitation de la noix d'anacarde est devenue l'activité agricole la plus rentable dans certaines zones du Sénégal comme le département de Goudomp dans la région de Sédhiou (Ndiaye, 2019).

Au vu de l'importance socio-économique de cette culture, ce secteur a bénéficié de nombreux projets et programmes (PFRK, PADEC, LIFFT-Cajou ...) dans le but de booster la production et le développement de la chaîne de valeur qui contribue de manière significative à la sécurité alimentaire, à l'augmentation des revenus des populations et la création de nouveaux emplois.

Malgré l'importance du cajou au Sénégal, le rendement des vergers demeure toujours faible et est compris entre 250 et 400 kg/ha (Charahabil et al., 2017). Les raisons de ce faible rendement sont liées à l'utilisation de matériel végétal non amélioré, et surtout la persistance de problèmes phytosanitaires, notamment les attaques d'insectes ravageurs, qui compromettent le rendement en noix de cajou du point de vue quantité et qualité. Parmi les ravageurs les plus dommageables infestant l'anacardier figure le foreur de bois *Apate terebrans* Pallas qui occasionne de sérieuses pertes de production dans de nombreux pays dont la Guinée Bissau (Vasconcelos et al., 2009), la Côte d'Ivoire (Mallet, 1993 ; Diabate et al., 2020), le Nigeria (Adedeji et al., 2021), au Burkina Faso (Nébibé, 2021).

Malheureusement, à notre connaissance il n'existe pas de données sur les dégâts que causent ce ravageur sur l'anacardier au niveau national ce qui compromet toute tentative de gestion, contrôle ou lutte contre ce ravageur. C'est dans ce contexte que s'inscrit cette présente étude qui a pour objet de contribuer à l'amélioration de la productivité des vergers d'anacardiens par une bonne maîtrise d'un de ses ravageurs principaux : le foreur de bois (*Apate terebrans* Pallas).

De manière spécifique il s'agira :

- Evaluer la présence du ravageur dans la zone de Goudomp ;
- Déterminer les taux d'attaques des vergers d'anacardiens au champ ;
- Déterminer les dégâts occasionnés par le ravageur sur les pieds d'anacardiens ;
- Evaluer la perception locale des populations sur la dynamique d'infestation des vergers.

I-1 MILIEU D'ETUDE

L'étude s'est déroulée de juin à aout dans les localités de Mangacounda, Goudomp, Djibanar, Terembasse et Sindima dans le département de Goudomp de la région de Sédhiou qui est l'une des zones productrices de la noix d'anacarde au Sénégal.

Terembasse et Sindima dans le département de Goudomp de la région de Sédhiou qui est l'une des zones productrices de la noix d'anacarde au Sénégal.

Le département de Goudomp est situé entre la longitude 16°68' et 16°08' Ouest et la latitude 12°61' et 12°26' Nord. Il couvre une superficie de 1 756 km² (ANSD, 2016) soit 24,2 % de la superficie totale de la région de Sédhiou (ANSD, 2019).

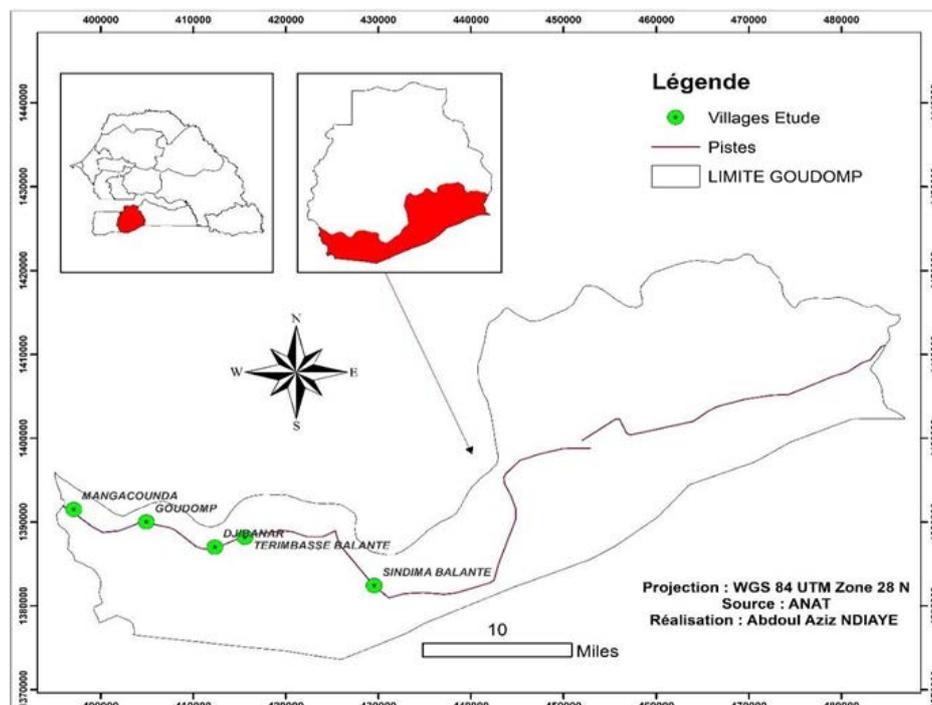


Figure 1 : Localisation des villages échantillonnés

2. Matériel et méthodes

Dans un premier temps, un questionnaire a été utilisé pour recueillir la perception locale de 100 producteurs d'anacardes tirés au hasard à

partir de la base de données fournie par l'ONG Shelter For Life qui regroupe 232 producteurs recensés dans la zone d'étude. Les principaux thèmes abordés sont : les problèmes phytosanitaires rencontrés dans les vergers notamment la présence du ravageur au niveau des plantations d'anacardiens, les dégâts et l'impact du ravageur sur la production. En second lieu, dans chaque localité un verger a été choisi pour un total de cinq vergers. Ensuite à l'intérieur de chaque verger, une parcelle élémentaire de 100 m *100 m (soit 1 ha) est délimitée et la méthode appliquée par SIBIRINA et al., 2020 consistant à suivre la diagonale en observant minutieusement les anacardiens avec un écartement de 10 m entre deux pieds observés est utilisée. Les observations sont faites deux fois par mois (tous les 15 jours) selon la méthode utilisée par KONE et al., 2019 sur une période de trois mois de juin à août, dans tous les vergers. Au cours de chaque observation, les tiges et les branches des anacardiens sont observés pour s'assurer de la présence ou de l'absence de dégâts (Orifice/galerie au niveau des troncs et branches des anacardiens, Sciure de bois). Ainsi, l'organe attaqué, le type de dégâts, l'évaluation du taux d'attaque sont renseignés sur une fiche de collecte et les coordonnées géographiques des sujets enregistrées à l'aide d'un GPS.

2.1 Évaluation mensuelle du taux d'attaque

Le taux d'attaque des plants d'anacardiens a été calculé à partir de la Formule suivante. $Ta = (Npa \times 100) / Ntp$

Ta : taux d'attaque par verger ; Npa : Nombre de pieds attaqués ; Ntp : Nombre de pieds observés par verger

2.2 Analyse statistique

Deux types de logiciels ont été utilisés pour traiter les données obtenues. Il s'agit des logiciels Rstudio v4.1 et Excel 2016. Après les tests de normalités, le nombre d'orifices a été soumis à l'analyse de variance. Le taux d'infestation des arbres par *Apate terebrans* et le nombre de branches endommagées ont été soumis au test de Kruskal Wallis puis un test de comparaison multiple a été effectué pour voir la différence qui existe entre les vergers. La corrélation de Pearson qui permet de décrire l'intensité et le sens d'une relation linéaire entre deux ou plusieurs paramètres mesurés a été utilisée pour mesurer le degré d'associations linéaires entre les paramètres étudiés.

3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. Perception locale sur la dynamique d'infestation des vergers par *Apate terebrans*

3.1.1. Présence de l'espèce au niveau de la zone d'étude

La perception des paysans sur la présence du ravageur dans les vergers varie d'un village à un autre. En effet, à Sindima, Terembasse et Mangacounda la présence de *Apate terebrans* est largement remarquée par les propriétaires des vergers avec respectivement 100%, 85% et 80% des producteurs qui attestent de la présence de l'espèce dans leurs vergers contre 60% à Djibanar et Goudomp. Toutefois, on constate que le ravageur est bien connu par les producteurs de la zone 80% contre 20% qui disent ne pas reconnaître l'espèce dans leurs vergers (Figure 7).

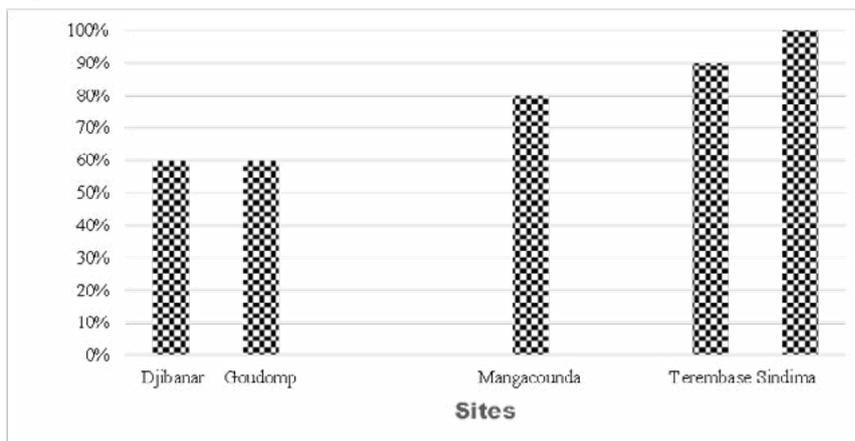


Figure 1 : Présence de *Apate terebrans* dans la zone d'étude selon les sites

3.1.2. Parties de l'arbre attaquées par *Apate terebrans* dans chaque localité

Les résultats de l'enquête montrent que le ravageur s'attaquerait spécifiquement à deux parties de l'arbre à savoir le tronc et les branches. On constate qu'à exception de Goudomp et Sindima où seul le tronc subirait des dommages, le ravageur s'attaquerait en plus du tronc, aux branches des arbres dans les localités de Djibanar, Mangacounda et Terembasse à des proportions similaires hormis Terembasse où l'espèce s'attaquerait davantage au tronc (63%) qu'aux branches (27%) (Figure 8).

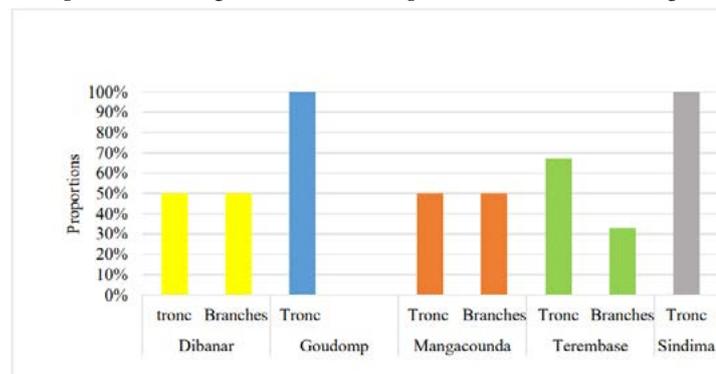


Figure 2 : Parties de l'arbre attaquées par *Apate terebrans* selon les sites

3.1.3. Période d'occurrence du ravageur dans la zone

Selon les paysans la parution de l'espèce dans les vergers se ferait en deux périodes : avant la récolte et après la récolte. Dans les villages de Goudomp, Mangacounda et Terembasse le ravageur y serait présent avant et pendant la récolte contrairement aux villages de Sindima et Djibanar où le ravageur apparaîtrait seulement avant la récolte (figure 9).

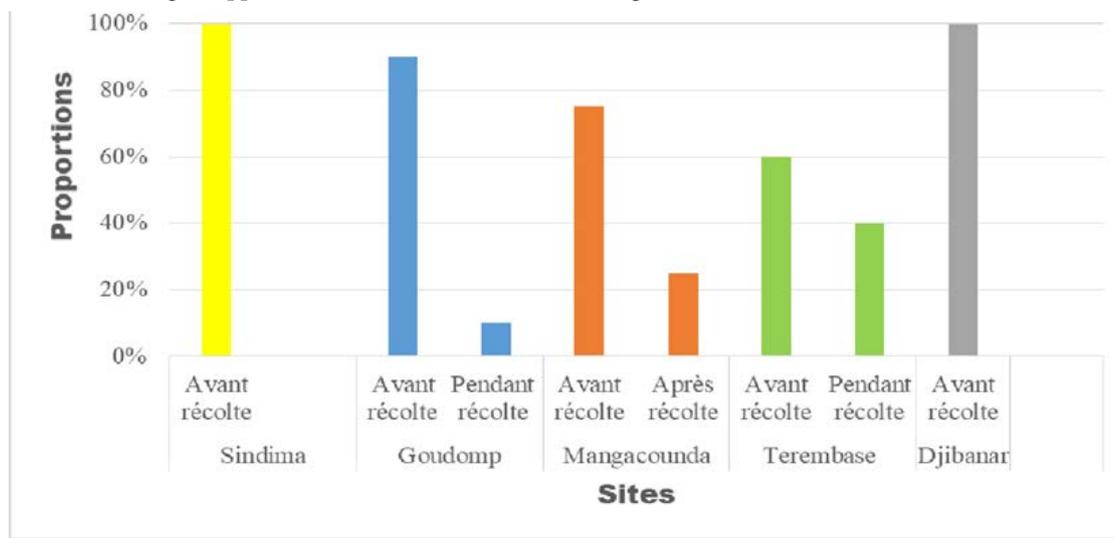


Figure 3 : Parution de Apaté terebrans dans les vergers selon les sites

3.1.4. Impact du ravageur sur la production

La perception des producteurs sur l'impact du ravageur sur le rendement reste très mitigée. En effet, il est tantôt qualifié de « sévère », « moyen » ou « faible ». La plupart des producteurs qualifient cet impact de « moyen » comme à Sindima, Goudomp, Mangacounda, Terembasse et Djibanar où respectivement 70%, 70%, 75%, 60% et 68% des producteurs sont de cet avis. Cet impact est aussi jugé « sévère » à Sindima, Terembasse et Djibanar respectivement par 30%, 40% et 31% des producteurs et de « faible » par 30% et 25% des producteurs à Goudomp et Mangacounda (Figure 10).

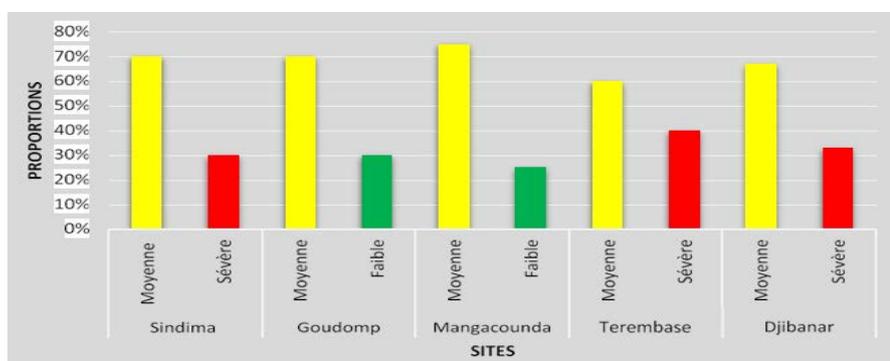


Figure 4 : Impact de Apaté terebrans sur le rendement des vergers selon les sites

3.2. Résultats des données terrain recueillies au champ

3.2.1. Taux d'infestation

Les taux d'infestations moyens d'Apaté terebrans dans l'ensemble des vergers ont été significativement différents (kruskal wallis chi-squared = 13,923 ; df = 4 ; p-value = 0,007546). Les vergers les plus infestés sont ceux de Mangacounda (80%) et Sindima (66%), suivi par les vergers de Goudomp (40%) et Djibanar (33%). Le taux d'infestation le plus faible a été enregistré à Terembasse (28%) (Tableau 1). La comparaison des moyennes entre les vergers révèle une variation importante du taux d'infestation entre les vergers de Djibanar, Mangacounda et Sindima et une similarité du taux d'attaque entre les vergers de Djibanar, Goudomp et Terembasse (Figure 11).

Tableau 1 : Test de Shapiro et de kruskal wallis du taux d'infestation dans les vergers

Djibanar Goudomp Mangacounda Sindima Terembasse
33 40 80 66 28
kruskal.test (Taux.infestation ~ Groupe, data=Dataset)
Kruskal-Wallis rank sum test
Data: Infestation.rate by Group
Kruskal-Wallis chi-squared = 13.923, df = 4, p-value = 0.007546

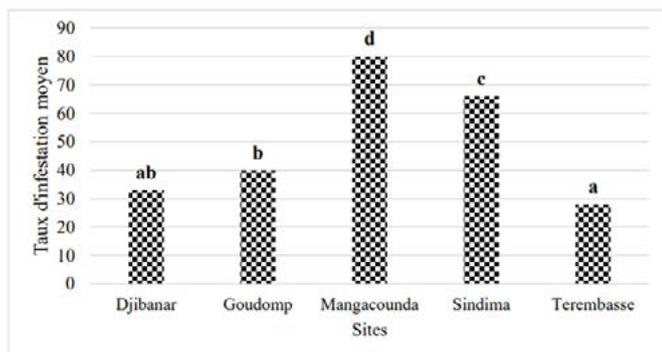


Figure 5 : Comparaison du taux d'attaque entre les vergers

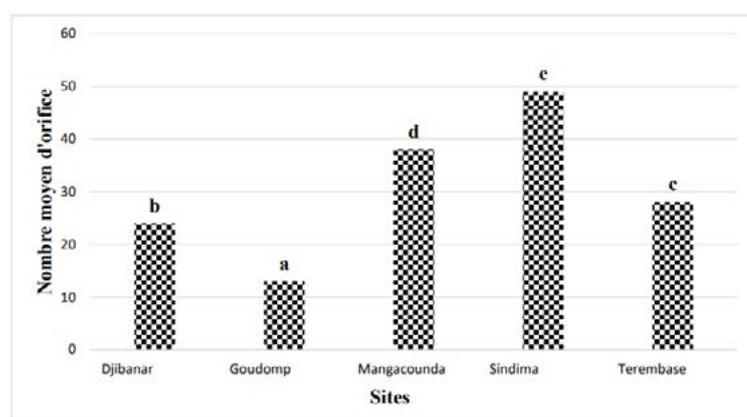
3.2.2 Nombre d'orifices

L'analyse de variance a décelé une différence hautement significative pour l'ensemble des vergers sur le nombre d'orifices ouvert par le ravageur ($P_r(>F) = 1.26e-14$). Un total de 136 orifices avec une moyenne de 9,71 orifices/arbre ont été trouvés. Le nombre d'orifices le plus important a été observé à Sindima (49) et le plus faible à Goudomp (13) (Tableau 3), la comparaison du nombre d'orifices entre les vergers montre une différence totale entre eux (Figure 12).

Tableau 2 : Analyse de variance du nombre d'orifices

> kruskal.test(Nombre.moyen.d.orifice ~ Groupe, data=orifice)
Kruskal-Wallis rank sum test
data: Nombre.moyen.d.orifice by Groupe
Kruskal-Wallis chi-squared = 13.923, df = 4, p-value = 0.007546
Tapply (Average.number.of.holes ~ Group, mean, na.action=na.omit, data=holes) # mean by groupst
Djibanar Goudomp Mangacounda Sindima Terembasse
24.00000 13.00000 38.00000 49.33333 11.00000

Figure 6 : Comparaison du nombre moyen d'orifices entre les vergers



3.2.3 Nombre de branches endommagées

Le test de kruskal-wallis (tableau 5) révèle une différence significative sur le nombre de branches endommagées entre les vergers (Kruskal-Wallis chi-squared = 14, df = 4, p-value = 0.007295), avec une valeur maximale de sept (7) branches endommagées à Djibanar et un minimum de deux (2) branches endommagées à Terembasse. La comparaison des moyennes (tableau 6) a permis de mettre en évidence cette différence au sein des groupes montrant ainsi une variation importante entre le nombre de branches endommagées dans les villages de Djibanar, Mangacounda et Sindima ainsi qu'une similarité parfaite entre les villages de Goudomp et Terembasse, ces variations sont illustrées par la figure 13.

Tableau 3 : Test Shapiro et Kruskal-Wallis du nombre moyen de branche endommagée par vergers

normalityTest (~Number.of.damaged.branches, test="shapiro.test", data=Dataset 3)	
Shapiro-Wilk normality test	
data: Number.of.damaged.branches	
W = 0.76819, p-value = 0.001477	
> Tapply(Nombre.de.branche.endommagée ~ Groupe, median, na.action=na.omit, data=Dataset3) # medians by group	
Djibanar	Goudomp
7 2	3 6 2
> kruskal.test (Number.of.damaged.branches ~ Group, data=Dataset3)	
Kruskal-Wallis rank sum test	
data: Number.of.branches.damaged.by Group	
Kruskal-Wallis chi-squared = 14, df = 4, p-value = 0.007295	

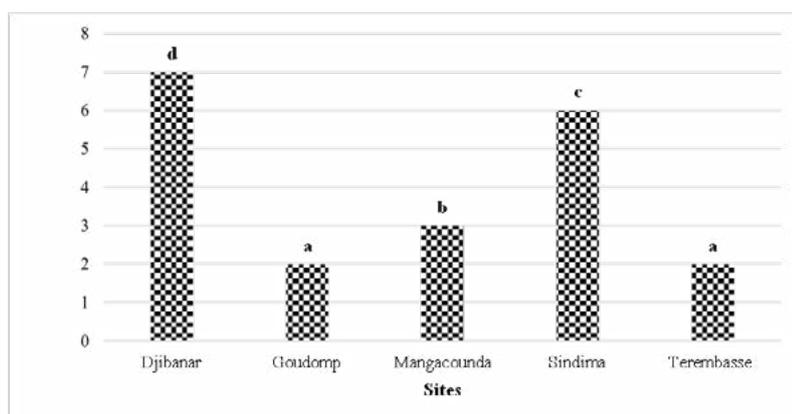


Figure 7: Comparison of the number of damaged branches between orchards



Figure 14: Falling cashew branch due to grooves caused by the pest

3.2.4 Corrélation entre les paramètres mesurés et la perception locale sur la présence de l'espèce

L'analyse de la matrice de corrélation montre d'une part une forte corrélation positive entre la perception locale sur la présence de l'espèce et le nombre d'orifices ($r=88\%$) et d'autre part une relation positive, mais moyenne entre la perception locale sur la présence de l'espèce et le taux d'infestation ($r=42\%$) ce qui signifie que la perception locale sur la présence de l'espèce est conditionnée par les dégâts du ravageur sur les anacardiens notamment les orifices et qu'elle n'implique pas forcément une forte infestation dans les vergers. Il ressort aussi de cette analyse de la matrice que le taux d'infestation est très faiblement corrélé au nombre de branches

endommagées ($r=2\%$), ce qui traduit que l'augmentation du taux d'infestation n'implique pas toujours l'augmentation du nombre de branches attaquées. Il apparaît aussi lors de cette analyse que la corrélation entre le nombre de branches endommagées et le nombre d'orifices est faible, mais positive traduisant une certaine relation entre les deux (Tableau 7).

Tableau 4 : Matrice de corrélation des paramètres mesurés

Paramètres	Nombre moyen d'orifices	Nombre de ranches endommagées	Perception locale sur la présence de l'espèce	Taux d'infestation
Nombre moyen d'orifices	1			
Nombre de branches endommagées	0,3884217	1		
Perception locale sur la présence de l'espèce	0,8867682	0,06206513	1	
Taux d'infestation	0,6453594	0,02457770	0,42016110	1

4. DISCUSSION

Les dégâts causés par le coléoptère *Apate terebrans* Pallas ont été constatés dans toutes les plantations avec des taux d'infestations allant de 28% à 80%, ces résultats bien différents des 8% et 3% de taux d'infestations constatés à Bondoukou et Bouna en Côte d'Ivoire (Yeo et al., 2018), sont similaires au taux d'infestation de 60% enregistré sur des anacardiers au Bénin (Onzo et al., 2018) et s'allient aux déclarations des producteurs qui attestent à 80% de la présence du ravageur dans la zone. Les parties de l'arbre indiquées par les producteurs comme étant attaquées par le ravageur à savoir le tronc et les branches sont conformes aux données collectées sur le terrain traduisant une bonne connaissance des producteurs sur les caractéristiques et les dégâts du ravageur comme le mentionne Balogoun et al., (2015). Le nombre moyen d'orifices par arbre (9,71 trous/arbre) enregistré dans cette étude est conforme aux 10,73 trous/arbre trouvés par Onzo et al., (2018) sur des vergers d'anacardes au Bénin.

Ce nombre élevé d'orifices par arbre indique que le ravageur attaque en nombre les anacardiers ce qui confirme les propos de Vorster et al., (2017) selon lesquelles les coléoptères sont connus pour leurs attaques massives par la sécrétion d'hormone. Ces attaques entraînent des fois la rupture des branches comme le révèle cette étude où le nombre moyen de branches endommagées varie de 2 à 7 branches par verger, ce résultat corrobore celui de Gabriel et al., (2021) qui avait constaté des déchirures de branches sur 10,7% des anacardiers au Niger. Ces dernières peuvent être causées par les effets néfastes du vent qui entraînent la rupture des branches suites à leurs affaiblissements par les galeries creusées par *Apate terebrans* comme le démontre des études sur le vent montrant son impact sur le bois notamment sa capacité à causer sa rupture. La période indiquée par les producteurs comme étant la période d'occurrence de *Apate terebrans* dans les vergers (Avant et Pendant la récolte), correspondant aux mois de janvier à juillet se situe dans la fourchette rapportée par Agboton et al., (2017) qui soutiennent qu'au Bénin le ravageur fait son apparition dans les vergers d'anacardier en septembre, atteint son pic en janvier-février et diminue ensuite pour atteindre zéro en juillet-août. L'impact du ravageur sur la production est variablement apprécié par les producteurs, en effet la grande majorité le juge moyen ou faible et peu d'entre eux juge sévère cet impact, ce caractère mitigé des producteurs sur la question a été observé par Tchatangni et al., (2019) et corrobore les propos de Velay et al., (2001) selon lesquels les savoirs endogènes sont directement connectés au milieu qui les produits, en phase directe et instantanée avec ses changements.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Cette étude menée dans le département de Goudomp a permis d'évaluer la dynamique d'infestation des vergers par *Apate terebrans*. Il en ressort des taux d'infestations allant jusqu'à 80% à Mangacounda, le nombre moyen d'orifices par arbre enregistré est de 9,71 orifices et le nombre de branches endommagées varie de 2 à 7 branches par vergers. Des corrélations positives ont été trouvées entre la perception locale sur la présence de l'espèce, le nombre d'orifices, le taux d'infestation et le nombre de branches endommagées. L'analyse de la perception paysanne sur la présence et les dégâts de *Apate terebrans* montre que 80% des producteurs enquêtés reconnaissent l'espèce, désignent le tronc et les branches comme étant les parties attaquées et indiquent l'avant et pendant la récolte comme la période d'apparition du ravageur dans les vergers. La majorité des producteurs jugent moyen ou faible l'impact du ravageur sur la récolte.

Compte tenu de l'importance de la culture de l'anacardier au Sénégal particulièrement dans le milieu rural, il est nécessaire de fournir une bibliographie complète sur les ennemis de cette culture. Ainsi un inventaire exhaustif des ravageurs de l'anacardier, leurs modes d'infestations et périodes d'occurrences s'impose afin d'apporter une réponse adéquate aux dégâts et pertes de productions qu'ils occasionnent et permettre en fine d'améliorer les rendements des vergers et booster la filière anacarde.

Références

1. A. G. VORSTER, P. H. EVANGELISTA, T. J. STOHLGREN, S. KUMAR, C. C. RHOADES, R. M. HUBBARD, A. S. CHENG, K. ELDER. 2017. "Severity of a mountain pine beetle outbreak across a range of stand conditions in Fraser experimental Forest, Colorado, United States," *Forest Ecology and Management*, vol. 389, pp. 116-126.
2. A LEFEBVRE, 1966, *Technology and Cultivation of the Cashew Tree in Madagascar*. BOIS & FORETS DES TROPIQUES. Vol. 108, pp. 21-41.
3. Ali AZAM, S. H., & Judge, E. C. (2001). *Small-scale cashew processing*. Coventry (UK): ITDG Schumacher Centre for TechnoLogY and DeveLopment Bourton on Dunsmore, 1-70.
4. ANSD, 2019. *Final General Report on Overall Population, Housing, Agriculture and Livestock Census: Sédhiou Region*, 80 p.
5. A. Onzo, J. T Biauou, C. Agboton, 2018. Effectiveness of systematic collection and burning of dead wood in the control of the wood borer, *Apate terebrans*, in cashew groves in North Benin. *Journal of Applied Biosciences* 2018 Vol.121 pp.12168-12180
6. Boris TKATCHENKO, 1949. *The cashew tree*. Overseas Fruit-Vol.4, n° 6 pp 199-205.
7. B. Mallet, Brunck F. 1993. *Phytosanitary problems of Mahogany in Côte d'Ivoire*. BOIS & FORETS DES TROPIQUES, 237, pp.

- 9-29.
8. C. AGBOTON, A. ONZO, S. KORIE, M. TAMO, S. Vidal, 2017. Spatial and temporal infestation rates of *Apate terebrans* (Coleoptera: Bostrichidae) in cashew orchards in Benin, West Africa. *Afrique ent*, 25 : pp 24-36.
 9. Dendena, Bianca and CORSI, 2014. Stefano. Cashew, from seed to market: a review. *Agronomy for sustainable development*, 2014, vol. 34, pp. 753-772.
 10. D DIABATE, TANO Y. 2020. Attack of *Analeptes trifasciata* Fabricius 1775 (Coleoptera: Cerambycidae) on cashew (*Anacardium occidentale* Linnaeus 1753) in western Côte d'Ivoire. *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies*, 36, pp 1-10.
 11. F. VELAY, J P BAUDOIN and G MERGEAL. 2001. Characterisation of farmers' knowledge of insect pests of *Pigeonpea* (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) in Northern Uganda *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 5 (2001) pp 105-114
 12. Gabriel A ADEDÉJI, ADEDAPO A AIYELOJA, Usman ZAKKA, Comfort O AYEMENE, 2021. Monitoring the tunnels of the wood borer *Apate terebrans* on *Terminalia mantaly* in Nigeria with particular reference to the Niger Delta region. *Journal des forêts* vol.8, n°2, pp.141-152
 13. I. BALOGOUN, A. SAÏDOU, E. L. AHOTON, L. G. AMADJI, C. B. AHOHUENDO, I. B. ADEBO, S. BABATOUNDE, C. D CHOUGOUROU, A. AHANCHEDE, 2015. Diagnosis and research for a rational exploitation of the cashew tree in Benin. *Annals of Agronomic Sciences* 19(2) special volume: pp 29-52.
 14. J. G OHLER. 1979. Cashew communication, Royal Tropical Institute Amsterdam 71, 260 p.
 15. K. NEBIE, S.L COULIBALY, R.A DABIRE, F. SANKARA, I. ZIDA, A. SAWADOGO & D. OUATTARA, 2021. Insect fauna associated with *Anacardium occidentale* (Sapindales: Anacardiaceae) in the southern Sudanian region of Burkina Faso, West Africa. *Journal of Entomological Research*, 45(suppl), pp. 839-850.
 16. K. YEO, Y. J. ALIKO, S. W. M OUALI N'GORAN, 2018. DISADVANTAGES AND INFLUENCE FACTORS OF INFESTATIONS OF *Apate terebrans* (COLEOPTERA, BOSTRICHIDAE, PALLAS, 1772), a pest of cashew trees in Côte d'Ivoire: the case of Bondoukou and Bouna. *Environment and Biodiversity Review -PASERES*. N°3 ISSN: PP. 2520-3037
 17. L. Ndiaye, M.M Charahabil, D. Ngom, & M. Diatta. 2019. Morphological and phenotypic characterisation of cashew (*Anacardium occidentale* L.) trees in the department of Goudomp (Senegal) 32 p.
 18. M. T. S Trevisan, B. Pfundstein, R. Haubner, G. Würtele, B. Spiegelhalder, H. Bartsch, R. W Owen (2006). Characterization of alkyl phenols in cashew (*Anacardium occidentale*) products and assay of their antioxidant capacity. *Food and Chemical Toxicology*, 44(2), pp. 188-197.
 19. Mohamed M. Charahabil, Seydou NDIAYE, Malainy DIATTA, 2021. Characteristics of Cashew Plantations (*Anacardium occidentale* L.) and Economic Determinants of Plantations in Casamance, *Vertigo – Electronic Review of Environmental Sciences* 23 p.
 20. M. T. S Trevisan, B. P Fundstein, R. Haubner, G. Würtele, B. Spiegelhalder, H. Bartsch, R. W Owen (2006). Characterization of alkyl phenols in cashew (*Anacardium occidentale*) products and assay of their antioxidant capacity. *Food and Chemical Toxicology*, 44(2), pp. 188-197.
 21. S. VASCONCELOS, L. MENDES, L. CATARINO, P. BEJA, C. HODGSON. 2014. News records of insect pest species associated with cashew, *Anacardium occidentale* L. (Anacardiaceae), in Guinea-Bissau. *African Entomology*, 22(3), pp. 673-677.
 22. S. SIBIRINA, S. SANAGO, G. M. OUATTARA, S. NAKPALO, D. KONE October 2020: Descriptive analysis and vanguards agronomic factors of the sanitary status of the cashew orchard in the Côte d'Ivoire 15 p.
 23. S. KONE, N. A. SIKAPIBA, M. DAGNOGO, K. ALLOU October 2019. Fluctuations in the different development stages of *Analeptes trifasciata* F in north-central Côte d'Ivoire 11 p.
 24. TCHETANGNI, A. YENAKPON, A. L. CHAFFARA. 2019. Farmer perception of *Apate terebrans* Pallas wood borer damage in cashew plantations in BENIN. *Rev. Ivoir. Sci. Technol*, Vol: 33. pp. 229-239. ISSN 1813-3290, <http://www.revist.ci>

WEBOGRAPHIE

<https://www.fao.org/faostat/> (20/11/2022)

Review of the 2020 cashew campaign and outlook for 2021 with Pierre Ricau (agencecofin.com) (10/11/2022)

APPROCHE DU SYSTÈME DE SURVEILLANCE ET DE NOTIFICATION DES RAVAGEURS ET DES MALADIES (PDSRS) EN VUE DE LUTTER CONTRE LES RAVAGEURS ET LES MALADIES DU CAJOU

G. K. Awudzi^{1*}, I. Amoako-Attah², S. W. Avicor¹, Y. Bukari², E. K. Asare², S. Agyare², A. K. Antwi-Agyakwa¹, R. Adu-Acheampong¹

¹Division de l'entomologie, Institut ghanéen de recherche sur le cacao, P. O. Box 8, New Tafo-Akim, Ghana

²Division de la pathologie végétale, Institut ghanéen de recherche sur le cacao, P. O. Box 8, New Tafo-Akim, Ghana

Auteur correspondant * anthocyanin22@yahoo.com; godfred.awudzi@crig.org.gh

Résumé analytique

Dans la plupart des pays africains producteurs de cajou, l'application de pesticides (principalement des insecticides et des fongicides) sur le cajou afin de lutter contre les ravageurs et les maladies se fait au moyen d'une approche générique et l'utilisation de systèmes axés sur le calendrier. L'absence de systèmes de suivi, de seuils et de prévision concernant les ravageurs et les maladies rend inévitable l'utilisation continue de pesticides sur un système axé sur le calendrier. L'introduction de nouveaux pesticides aux modes d'action différents, de matériels de plantation différents et les changements climatiques au fil des ans ont entraîné des changements dans la distribution temporelle et spatiale des ravageurs et des maladies sur les cultures. Nous suggérons donc la nécessité d'élaborer des systèmes de suivi permettant de fournir des informations sur l'incidence, la gravité et la distribution des ravageurs et des maladies sur le cajou au cours de la campagne de culture favorisant une lutte opportune et efficace. Ce système permettrait de passer de recommandations génériques axées sur le calendrier à des systèmes de lutte contre les ravageurs et les maladies axés sur les besoins. Le présent article plaide donc en faveur de la mise en place d'un système de surveillance et de notification des ravageurs et des maladies (PDSRS) en tant qu'outil d'aide à la décision dans la lutte contre les ravageurs et les maladies dans les pays producteurs de cajou en Afrique.

Mots-clés : Système de surveillance et de notification des ravageurs (PDSRS), prévisions, fongicides, insecticides, suivi, niveaux de seuil

Contexte

L'industrie africaine du cajou a connu une croissance rapide au cours de la dernière décennie. Cette croissance est due à des facteurs tels que l'augmentation de la demande de noix de cajou et l'utilisation de l'anacardier à des fins de reboisement et la diversification des exportations. L'augmentation de la demande est également alimentée par les avantages nutritionnels et sanitaires des fruits à coque (Egbe and Sobamiwa, 1989). Les revenus générés tout au long de la chaîne de valeur du cajou devraient passer de 793,37 millions de dollars EU en 2023 à 950,04 millions de dollars EU à l'horizon 2028, à un taux de croissance annuel composé (TCAC) de 3,67 % au cours de la période de prévision (2023-2028) (Orduz-Rodríguez and Rodríguez-Polanco, 2022). Malgré les progrès réalisés dans la production de cajou en Afrique, les rendements sont inférieurs aux niveaux optimaux, en partie à cause des problèmes liés aux ravageurs et aux maladies (Muntala et al., 2021). La culture du cajou nécessite l'utilisation de pesticides en raison de la myriade de ravageurs et de maladies associés à la culture (Amoako-Attah et al., 2020, Muntala et al., 2021).

Les pesticides sont importants dans l'agriculture dans la mesure où ils réduisent considérablement les dégâts causés par les ravageurs et les maladies sur les cultures. Malheureusement, dans la plupart des pays en développement, le manque d'éducation sur la manipulation et l'utilisation correctes de ces pesticides a entraîné leur utilisation abusive, mettant en danger la vie des exploitants agricoles et des consommateurs ainsi que l'environnement. (Awudzi et al., 2022, Braak et al., 2018). Les effets de la contamination par les pesticides sur la santé humaine vont des effets à court terme tels que les maux de tête et les nausées aux affections chroniques telles que le cancer, les troubles de la reproduction et les perturbations endocriniennes (Misebo et al., 2023). Les résidus de pesticides contenus dans les fruits et légumes continuent de susciter des inquiétudes au niveau mondial (Misebo et al., 2023). Des niveaux élevés de résidus de fongicides à base de dithiocarbonate, de flusilazole et de triazole ont été signalés dans certaines cultures, notamment le cajou (Cui et al., 2021, Jardim et al., 2018). Récemment, des résidus de pesticides ont été détectés dans les pommes et les noix de cajou, dépassant les limites maximales de résidus (LMR) au Brésil et en Côte d'Ivoire (Stephane et al., 2021, Authority et al., 2020). Il est donc nécessaire d'étudier les modes d'utilisation des pesticides et les niveaux de résidus des pesticides couramment utilisés dans les noix et les pommes de cajou. Les niveaux de résidus et la gamme de molécules de pesticides utilisés pour lutter contre les ravageurs et les maladies du cajou dans la plupart des pays africains producteurs de cajou ne sont pas connus de manière exhaustive. Par ailleurs, l'utilisation abusive de pesticides peut également entraîner le développement d'une résistance chez les ravageurs et les agents pathogènes, accroissant ainsi la nécessité d'appliquer davantage de produits chimiques synthétiques, entraînant un risque concomitant pour l'environnement et la santé humaine.

Compte tenu de tous ces effets néfastes des pesticides sur la santé humaine et l'environnement, il n'existe pas de système de surveillance et de notification des ravageurs et des maladies dans la plupart des pays africains producteurs de cajou. Fondamentalement, il n'existe aucun programme de suivi efficace permettant de déterminer rapidement l'incidence, la gravité, la répartition, la dynamique des populations et de détecter les changements de statut des principaux ravageurs et maladies du cajou dans la plupart des pays producteurs de cajou. Les recommandations en matière de lutte contre les ravageurs et les maladies ne sont donc pas directement liées à la répartition, à la dynamique actuelle des ravageurs, à leur statut et à l'évolution des dommages. Les pesticides sont appliqués selon un système global ou calendrier. En raison de l'absence d'un programme de suivi, les ravageurs et les maladies exogènes peuvent ne pas être détectés rapidement. Il est toujours difficile, voire impossible, d'assurer le suivi du statut des organismes ravageurs connus et d'en identifier de nouveaux sans un système de surveillance adéquat. Les institutions nationales de recherche s'appuient donc sur les rapports des exploitants agricoles et des agents de vulgarisation pour détecter les foyers de ravageurs et de maladies « inhabituels ou inconnus jusqu'à présent ». Cette pratique pourrait

entraîner une détection tardive et une éventuelle épidémie de ravageurs et de maladies endogènes et exogènes.

Avec le phénomène du changement climatique qui affecte les populations de ravageurs et la répartition des maladies (Porter et al., 1991, Shrestha, 2019), il est nécessaire de recueillir régulièrement des informations sur la répartition des insectes ravageurs et l'incidence des maladies en vue de concevoir des systèmes de prévision permettant une alerte précoce pour une lutte efficace contre les ravageurs et les maladies. Un tel système de suivi fournira les informations nécessaires à l'élaboration d'approches de modélisation des ravageurs et des maladies qui alimenteront une stratégie de lutte intégrée contre les ravageurs et les maladies pour la culture. Nous sommes d'avis que les systèmes de surveillance et de notification des ravageurs et des maladies garantiront une utilisation judicieuse des pesticides afin de réduire au minimum les risques pour la santé humaine et l'environnement et d'éviter le développement de résistances. Le présent document propose donc la mise en place d'un système multiforme de surveillance et de notification des ravageurs et des maladies (PDSRS) en vue de lutter contre les ravageurs et les maladies du cajou.

Composantes proposées du système de surveillance et de notification des ravageurs et des maladies (PDSRS) destinées à la lutte contre les ravageurs et les maladies du cajou

Les composantes qui pourraient potentiellement constituer le PDSRS destiné au cajou comprennent un organisme chargé de la mise en œuvre du programme (PIB), la recherche, la collecte/analyse de données et la diffusion/le transfert d'informations.

Organisme chargé de la mise en œuvre du programme (PIB)

Cette composante répondrait aux besoins administratifs du système et pourrait être dirigée par le ministère de l'Agriculture ou un organisme mandaté afin d'assurer la gestion de la production de cajou dans le pays participant.

Recherche, collecte et analyse de données

Cette composante sera responsable de la surveillance quotidienne et de la collecte de données sur le terrain. Elle pourrait être hébergée dans une institution nationale de recherche œuvrant dans la filière du cajou. La collecte de données sur le terrain portera sur les niveaux/la gravité des dommages causés par les ravageurs et les maladies, sur les paramètres de croissance végétative et reproductive de la culture, tels que l'intensité de la poussée foliaire et la nouaison, ainsi que sur les paramètres météorologiques (par exemple, précipitations, température et humidité relative). Il s'agit de facteurs biotiques et abiotiques connus pour influencer la dynamique des ravageurs et des maladies.

Diffusion et transfert d'informations

Cette composante est responsable de l'ensemble des besoins de communication du PDSRS. Elle reliera l'ensemble des composantes en un seul système. Elle prendra donc en charge des éléments tels que le transfert des données du terrain à l'analyse des données, l'interprétation des résultats et le transfert des informations pertinentes aux utilisateurs finaux. Elle garantira également une rétroaction efficace entre les différentes composantes. L'on devrait avoir recours aux plateformes téléphoniques nationales, aux réseaux de radio et de télévision, aux portails web, aux agents de vulgarisation et aux systèmes de sonorisation locaux pour fournir les plateformes nécessaires à la diffusion d'informations aux utilisateurs finaux.

Utilisateurs finaux

Il s'agit des utilisateurs des informations générées après l'interprétation des résultats et des conclusions tirées des données de terrain. Il peut s'agir de petits exploitants de cajou, de gestionnaires de grandes plantations, de chercheurs, ainsi que d'agences gouvernementales et non gouvernementales à des fins diverses. Les informations générées par les données de terrain seront intégrées dans les programmes nationaux de lutte contre les ravageurs et les maladies du cajou afin d'assurer une lutte efficace contre les ravageurs et les maladies. Les différences de charge de ravageurs et de maladies entre les régions/zones seraient détectées par le système de surveillance et traitées de manière appropriée. Un diagramme montrant la manière dont les composantes sont liées les unes aux autres est présenté dans la Figure 1.

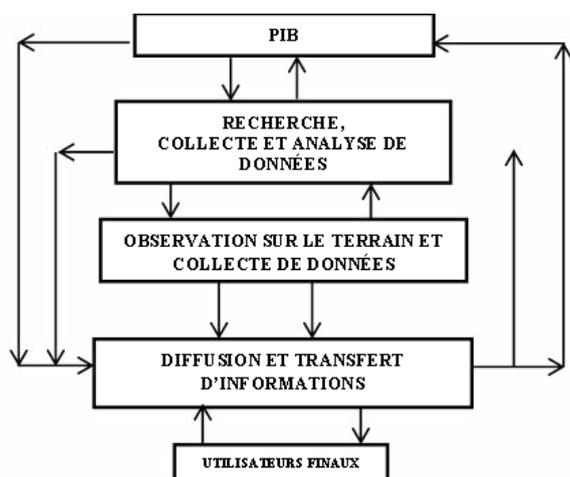


Figure 1 : Composantes du PDSRS destinées à la lutte contre les nuisibles et les maladies du cajou

Conclusion

Le PDSRS proposé aboutirait en fin de compte à un système de lutte contre les ravageurs et les maladies du cajou axé sur les besoins. Les risques pour la santé des exploitants agricoles, des pulvérisateurs et de l'environnement liés à l'utilisation abusive des pesticides pourraient également être réduits au minimum. Pour ce faire, il est possible de mettre en place un cadre national bien coordonné pour la collecte de données sur les principaux facteurs influençant l'incidence, la gravité et la dynamique des populations de ravageurs et de maladies, afin d'élaborer des modèles de prévision

Références

- AMOAKO-ATTAH, I., AWUDZI, G. K., ADU-ACHEAMPONG, R., ASARE, E. K., BUKARI, Y., AVICOR, S. W. & AHADZI, S. K. 2020. Manual for the identification and management of cashew insect pests and diseases in Ghana. Cocoa Research Institute of Ghana. Technical Bulletin, No 29, 30pp.
- AUTHORITY, E. F. S., ANASTASSIADOU, M., BERNASCONI, G., BRANCATO, A., CABRERA, L. C., GRECO, L., JARRAH, S., KAZOCINA, A., LEUSCHNER, R. & MAGRANS, J. O. 2020. Setting of import tolerances, modification of existing maximum residue levels and evaluation of confirmatory data following the Article 12 MRL review for flupyradifurone and DFA. EFSA Journal, 18.
- AWUDZI, G. K., ADU-ACHEAMPONG, R., AVICOR, S. W., BUKARI, Y., BOATENG, E. K. O., AHADZI, S. K. & TAGBOR, P. 2022. Pattern of insecticide usage in organic cocoa production in Ghana. Organic Agriculture, 12, 125-136.
- BRAAK, N., NEVE, R., JONES, A. K., GIBBS, M. & BREUKER, C. J. 2018. The effects of insecticides on butterflies – A review. Environmental Pollution, 242, 507-518.
- CUI, K., WU, X., ZHANG, Y., CAO, J., WEL, D., XU, J., DONG, F., LIU, X. & ZHENG, Y. 2021. Cumulative risk assessment of dietary exposure to triazole fungicides from 13 daily-consumed foods in China. Environmental Pollution, 286, 117550.
- EGBE, N. E. & SOBAMIWA, O. 1989. Utilization of cocoa, kola, coffee, cashew and tea in Nigeria. In Progress in Tree Crop Research. CRIN, Ibadan, Nigeria: CRIN, Ibadan, Nigeria.
- JARDIM, A. N. O., MELLO, D. C., BRITO, A. P., VAN DER VOET, H., BOON, P. E. & CALDAS, E. D. 2018. Probabilistic dietary risk assessment of triazole and dithiocarbamate fungicides for the Brazilian population. Food and chemical toxicology, 118, 317-327.
- MISEBO, T. D., WANORE, D. S., GUTE, R. M., BADULO, T. L. & AYANO, W. E. 2023. Farmers' Perception towards Agricultural Pesticides and Associated Human Health Impact in Misrak Badawacho Woreda, Ethiopia. UTTAR PRADESH JOURNAL OF ZOOLOGY, 67-76.
- MUNTALA, A., GYASI, S. K., NORSHIE, P. M., LARBI-KORANTENG, S., ACKAH, F. K., NTIAMOAH, D. A. & MOHAMED, M. 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.
- ORDUZ-RODRÍGUEZ, J. O. & RODRÍGUEZ-POLANCO, E. 2022. Cashew (*Anacardium occidentale* L.) a crop with productive potential: technological development and prospects in Colombia. Agronomía Mesoamericana, 33.
- PORTER, J. H., PARRY, M. L. & CARTER, T. R. 1991. The potential effects of climatic change on agricultural insect pests. Agricultural and Forest Meteorology, 57, 221-240.
- SHRESTHA, S. 2019. Effects of climate change in agricultural insect pest. Acta Scientific Agriculture, 3, 74-80.
- STEPHANE, K. Y., HALBIN, K. J. & JOSEPH, S. 2021. Disparities in Agricultural Practices According to Cashew Nut Production Regions in Côte d'Ivoire and Probable Incidence on Nut Quality. Agricultural Sciences, 12, 1168-1183.



FLORE FONGIQUE SUR LES MAUVAISES HERBES DANS LES VERGERS D'ANACARDIERS (ANACARDIUM OCCIDENTALE L.) EN CÔTE D'IVOIRE

Traoré Aboulaye^{1*}, Soro Sibirina¹, Ayemou A. R. Emmanuella¹, Traoré Ouattara Karidia¹, Kouabenan Abo², Koné Daouda³

¹Laboratoire d'amélioration de la production agricole, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de phytopathologie et de biologie végétale, Unité de Formation et de Recherche en agriculture et ressources animales, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INPHB), Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

³Centre d'Excellence Africain sur le Changement Climatique, la Biodiversité et l'Agriculture Durable (CEA-CCBAD), Université Félix Houphouët-Boigny (UFHB)

Résumé

Depuis 2015, la Côte d'Ivoire est le premier producteur mondial de noix de cajou. Cependant, les vergers d'anacardières de Côte d'Ivoire sont infectés par des maladies fongiques qui réduisent la production. Toutefois, la contribution des mauvaises herbes à la propagation de ces maladies n'est pas encore suffisamment étudiée. La présente étude a été réalisée dans le but de déterminer le rôle des mauvaises herbes dans la prolifération des champignons pathogènes présents dans les vergers. Elle a été menée à travers une enquête sur les mauvaises herbes qui présentent des symptômes de maladie dans les vergers d'anacardières en Côte d'Ivoire de février 2021 à juillet 2022. La méthode itinérante a été adoptée dans le cadre de l'inventaire des mauvaises herbes. Les feuilles symptomatiques ont été collectées et envoyées au laboratoire afin d'être analysées sur un milieu PDA (Potatoes Dextrose Agar). Au total, 50 espèces appartenant à 46 genres et 23 familles ont été recensées. Le diagnostic biologique des échantillons a révélé que 80 % des mauvaises herbes identifiées étaient porteuses de champignons pathogènes. Les taux d'infection les plus élevés ont été observés sur les espèces *Danielia oliveri* R. (99,33 % à 100 %), *Vitellaria paradoxa* G. (100 %), *Pterocarpus erinaceus* P. (83,91 % à 99,33 %), *Micuna pruriens* L. (98,33 % à 100 %) et *Isobertinia doka* C. et S. (56,33 % à 100 %). Le diagnostic a révélé la présence de *Lasiodiplodia* sp, *Colletotrichum* sp, *Pestalotia* sp, *Alternaria* sp et *Curvularia* sp sur des mauvaises herbes dans un verger d'anacardières en Côte d'Ivoire.

Mots clés: Mauvaises herbes, taux d'infection, symptômes, anacardier, Côte d'Ivoire

1. Introduction

L'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) est une angiosperme de la classe des dicotylédones, de l'ordre des Sapindacées, qui comprend 73 genres et environ 600 espèces [1]. Originaire du Brésil, la culture de la noix de cajou est actuellement pratiquée dans plus de 32 pays à travers le monde. Toutefois, la grande majorité de la production destinée à la commercialisation est répartie entre quatre grandes régions, à savoir l'Asie du Sud-Est, l'Afrique de l'Ouest, l'Afrique de l'Est et le Brésil [2]. L'Afrique produit environ 40 % de la production mondiale de noix brutes et 80 % de la production provient de l'Afrique de l'Ouest avec plus de 2 901 825 ha de plantations [3] [4]. Depuis 2015, la Côte d'Ivoire occupe le premier rang mondial de la production et de l'exportation de noix de cajou brutes. En effet, la production ivoirienne de noix de cajou a connu une évolution spectaculaire. La production est passée de 235 000 tonnes en 2006 à 968 676 tonnes de noix de cajou brutes en 2021, soit une augmentation de 14 % par rapport à 2020 [5].

La culture et l'exploitation de l'anacardier contribuent au développement socio-économique de plusieurs pays dans le monde [6] [7]. Dans les zones rurales, le secteur du cajou est un puissant levier dans la lutte contre la pauvreté et le chômage. Cette culture est devenue la principale source de revenus pour la population et contribue à la scolarisation des enfants dans les zones rurales. En outre, les produits à base de noix de cajou regorgent de propriétés nutritionnelles et thérapeutiques. La consommation de l'amande de cajou est un excellent moyen de réduire le risque de maladies cardiovasculaires [8]. La pomme de cajou est très riche en vitamine C et en composés polyphénoliques [9] [10] [11] [12] et possède un profil caroténoïde très diversifié [13]. Elle est également utilisée dans la production de vin et de vinaigre [14].

Malheureusement, la productivité des vergers d'anacardières est confrontée à de nombreux problèmes phytosanitaires. Outre les ravageurs, plus d'une douzaine de maladies ont été recensées sur l'anacarde [15]. Au nombre de ces maladies, on peut citer l'antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), la pestalotiose (*Pestalotia heterocornis*) et la pourriture des bourgeons (*Lasiodiplodia theobromae*) sont responsables de dommages considérables dans le verger d'anacardières en Côte d'Ivoire [16]. Selon le constat qui a été fait les symptômes de ces maladies sont également présents sur les mauvaises herbes du verger. Ces mauvaises herbes pourraient représenter des hôtes alternatifs de pathologies fongiques présentes dans le verger. Malgré l'importance de l'anacarde dans l'économie ivoirienne, il existe très peu de données sur la présence d'autres mauvaises herbes qui pourraient servir de plantes hôtes des maladies fongiques de l'anacardier dans le verger. Toutefois, la connaissance de ces mauvaises herbes qui pourraient servir de plantes hôtes alternatives peut contribuer à la mise en œuvre d'une stratégie de lutte durable contre les maladies fongiques de l'anacardier. La présente étude a été réalisée afin de déterminer le rôle des mauvaises herbes dans la propagation des champignons pathogènes présents dans les vergers d'anacardières. La présente étude visait à identifier les mauvaises herbes symptomatiques, ainsi que les champignons pathogènes qu'elles hébergent.

2. Matériel et méthode

2.1. Domaines d'étude

La figure 1 est une illustration des différentes zones d'étude, à savoir la zone agroécologique du Nord, la zone agroécologique du Centre, la zone agroécologique de l'Est et la zone agroécologique du Centre-ouest

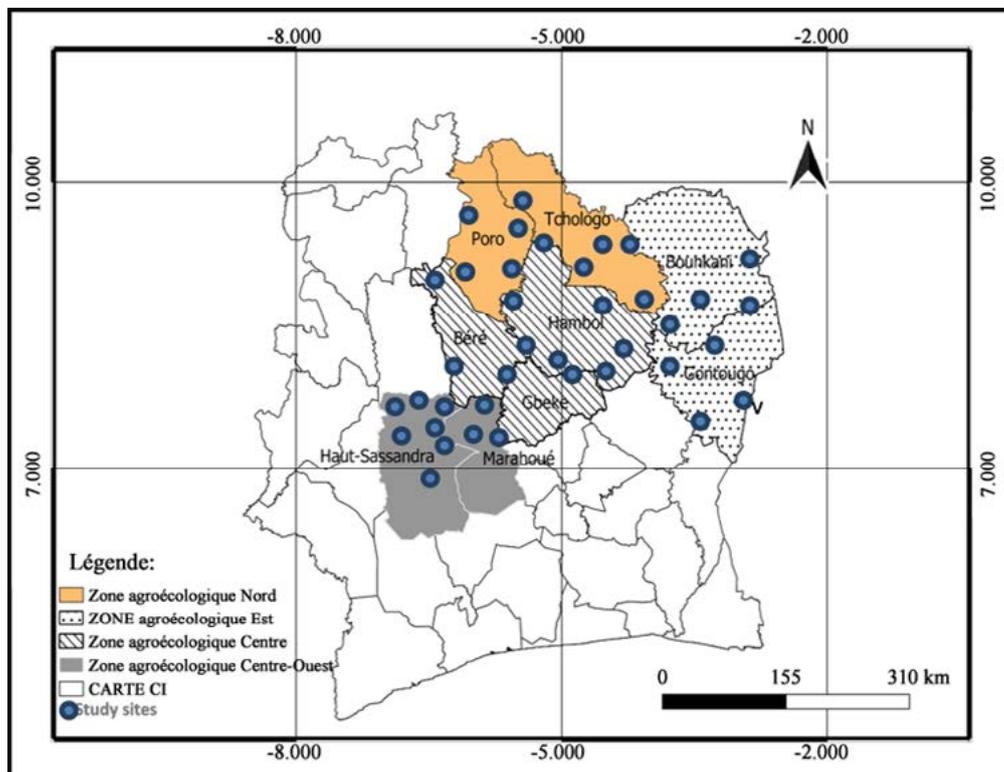


Figure 1. Study areas.

La zone agroécologique du Nord est caractérisée par un climat soudanais à deux saisons. La saison sèche s'étend de novembre à avril tandis que la saison des pluies de mai à octobre. Les températures moyennes varient entre 24 °C et 33 °C. Les précipitations annuelles moyennes se situent entre 1 100 et 1 600 mm. La végétation de cette zone se caractérise par la savane.

La zone agroécologique de l'Est est caractérisée par un climat tropical avec une période très chaude et sèche de novembre à février et une saison des pluies de mars à octobre. La température annuelle moyenne dans cette zone est de 26,4 °C et les précipitations peuvent atteindre en moyenne 850,8 mm. La végétation est essentiellement constituée de savanes arborées et arbustives avec des galeries forestières.

Le climat de la zone agroécologique centrale est de type baouléen, caractérisé par une période très chaude et sèche de novembre à février et une saison des pluies de mars à octobre. La température moyenne annuelle varie entre 26 °C et 34 °C. Les précipitations annuelles moyennes varient entre 745,4 mm et 1580 mm. La végétation est dominée par la présence d'arbres de savane

La zone agroécologique du Centre-ouest est caractérisée par un climat de montagne à quatre saisons. La grande saison des pluies commence en avril et se termine à la mi-juillet, tandis que la petite saison sèche dure de la mi-juillet à la mi-septembre. La petite saison des pluies s'étend de la mi-septembre à la mi-novembre et la grande saison sèche de décembre à mars. Les saisons sèches et humides se succèdent avec des températures allant de 24,65 °C à 27,75 °C en moyenne. La quasi-totalité du bassin se trouve dans la zone de forêt tropicale humide caractérisée par une végétation forestière dense.

2.2. Matériel

Le matériel végétal utilisé dans la présente étude était constitué de feuilles de mauvaises herbes qui présentaient des symptômes de la maladie dans le verger d'anacardiers. L'équipement technique était composé d'un GPS, d'une caméra, d'un sécheur et de sacs stériles. Dans le laboratoire, un milieu PDA, un autoclave, une hotte à flux laminaire et une balance électronique ont été utilisés.

2.3. Méthodes

2.3.1. Collecte d'échantillons

Des enquêtes ont été menées dans les vergers de quatre zones agroécologiques du bassin ivoirien de l'anacarde au cours de la période allant de février 2021 à juillet 2022. Dans chaque zone agroécologique, dix vergers couvrant une superficie d'un hectare ont été choisis de manière aléatoire. La méthode itinérante a été adoptée afin d'inventorier les mauvaises herbes qui présentaient des symptômes de maladie au sein du verger. La méthode consistait à parcourir le verger en diagonale. Les mauvaises herbes présentant des symptômes de maladie qui ont été répertoriées dans le reste du verger ont été ajoutées à la liste. Dans le cadre de la présente enquête, on a pu déterminer le nom et le type morphologique des mauvaises herbes qui présentaient des symptômes de maladie. Les organes attaqués ont été collectés à l'aide de sécateurs qui ont été immédiatement nettoyés avec de l'alcool à 70 % après l'échantillonnage. Les échantillons prélevés se composaient principalement de feuilles. Ces échantillons ont été conservés dans des enveloppes, codifiés et envoyés au laboratoire afin d'être analysés sur milieu PDA (Potatoes Dextrose Agar).

2.3.2. Isolement et nettoyage des champignons

Dans le laboratoire, les échantillons qui présentaient les symptômes caractéristiques de l'anthracnose, de la dessiccation et de la pestalotiose ont été sélectionnés être analysés. La méthode de Riviera a été modifiée et utilisée [17]. Chaque échantillon a été soigneusement nettoyé à l'eau du robinet et séché sur du papier buvard. Après séchage, les échantillons ont été nettoyés avec de l'alcool à 70 %. Ensuite, des explants

mesurant 3 à 4 millimètres ont été prélevés sur le front de croissance des symptômes à l'aide d'un scalpel stérile. Le matériel d'échantillonnage a été automatiquement nettoyé avec de l'alcool à 70 % après chaque échantillon. Les explants du même échantillon ont ensuite été trempés dans de l'hypochlorite de sodium à 5 % pendant 3 minutes avant d'être rincés trois fois de suite avec de l'eau distillée stérile et séchés sur du papier buvard dans un environnement aseptique. L'ensemencement des explants a été réalisé sous une hotte à flux laminaire près de la flamme du brûleur à benzène. Elle consistait à placer quatre explants du même échantillon de manière équidistante dans une boîte de Pétri contenant du milieu PDA congelé. Les boîtes de Pétri étaient scellées avec du film para, codifiées (référence et date) puis incubées à une température de $27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ jusqu'à la prolifération des colonies fongiques.

La purification des colonies fongiques a été effectuée dans les mêmes conditions d'asepsie que l'inoculation. Un fragment de mycélium a été prélevé dans la zone de croissance de la colonie fongique et transplanté au centre d'une nouvelle boîte de Petri contenant du milieu PDA. Les isolats fongiques purs ont été obtenus par purifications successives [18]. Les isolats fongiques obtenus à partir du test de diagnostic ont été identifiés en fonction de leurs caractéristiques sur PDA et de leurs caractéristiques microscopiques selon la clé d'identification de [19].

2.3.3. Taux d'infection des mauvaises herbes

Une mauvaise herbe est dite infectée si le diagnostic révèle la présence d'au moins un champignon sur un échantillon de l'un de ses organes présentant des symptômes de maladie. Le taux d'infection a été calculé selon la formule suivante :

$$Ti (\%) = (NEp/NtE) * 100 \quad (1)$$

Avec:

Ti : Taux d'infection d'une mauvaise herbe,

NEp : Nombre d'échantillons positifs et

NtE : Nombre total d'échantillons de mauvaises herbes présentant des symptômes de maladie.

2.3.4. Fréquence des champignons

La formule de Walder a été utilisée afin de déterminer la fréquence d'isolement des champignons [20]:

$$Fi (\%) = (Ni/Nti) * 100 \quad (2)$$

Avec:

Fi : Fréquence de l'isolement en pourcentage.

Ni : Nombre d'isolement d'un genre fongique dans tous les échantillons.

Nti : Nombre total d'isollements de tous les genres fongiques.

2.3.5. Traitement des données

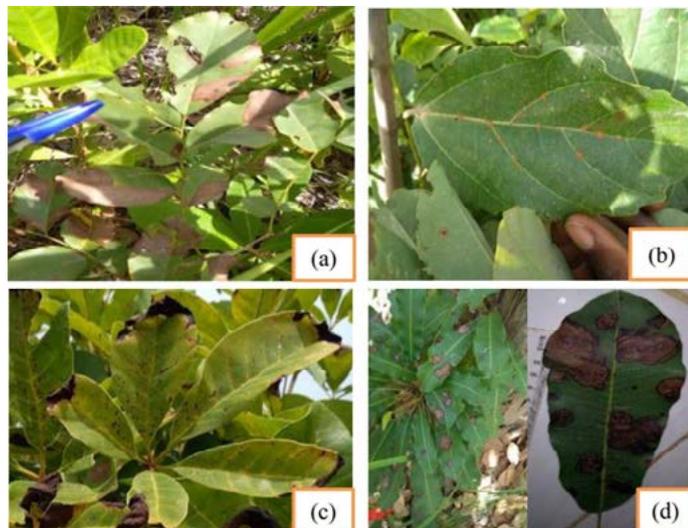
Le tableur Microsoft Excel 2013 a été utilisé pour la saisie des données et la construction des graphiques. L'analyse statistique des données a été faite à l'aide de la version 7.1 de Statistica. La normalité a été vérifiée avant que les données ne soient soumises à l'analyse de la variance (ANOVA). Lorsque les différences étaient significatives au niveau de 5 %, on procédait à une comparaison des moyennes à travers le test de Newman-Keuls.

Le logiciel QGIS version 3.28.0 a été utilisé en vue de réaliser la carte de la zone d'étude.

3. Résultats et discussion

3.1. Résultats

3.1.1. Symptômes observés



L'étude portant sur la symptomatologie des mauvaises herbes présentes dans les vergers d'anacardiens en Côte d'Ivoire a permis d'identifier 50 espèces réparties en 46 genres et 23 familles. La famille des Fabacées était la plus représentée. Les mauvaises herbes présentant des symptômes de maladie dans le verger d'anacardiens appartenaient à deux classes, à savoir les dicotylédones (76 %) et les monocotylédones (24 %). Les principaux symptômes identifiés étaient de quatre types. Il s'agissait notamment de nécroses sur les feuilles, de tâches sous formes de brûlures qui ressemblent à des traces de coups soleil après un moment passé à la plage, de dessiccation et de dépôts de poudre rouge ou blanchâtre sur les feuilles (figure 2). Le diagnostic biologique des échantillons a révélé que 80 % des mauvaises herbes sélectionnées étaient porteuses de champignons pathogènes pour le verger en Côte d'Ivoire. Les mauvaises herbes infectées étaient réparties entre trois types morphologiques, à savoir les arbustes (65 %), les lianes (25 %) et les plantes herbacées (10 %).

Figure 2. Symptômes identifiés sur les mauvaises herbes présentes dans le verger d'anacardiens. (a) Tache de nécrose (Anthracnose) sur *Pterocarpus erinaceus*. (b) Rouille sur *Ficus* sur *F.* (c) Flétrissement des feuilles de *Vitex doniana* S. (d) Taches de nécrose évoluant en cercles concentriques sur les feuilles de *Vitellaria paradoxa* G.

erinaceus *Pterocarpus erinaceus* Poir. (b) Rouille sur *Ficus* sur *F.* (c) Flétrissement des feuilles de *Vitex doniana* S. (d) Taches de nécrose évoluant en cercles concentriques sur les feuilles de *Vitellaria paradoxa* G.

3.1.2. Taux d'infection des mauvaises herbes dans les vergers d'anacardiens en fonction des zones agroécologiques

La figure 3 est l'illustration du taux d'infection des mauvaises herbes présentant des symptômes de maladie dans le verger d'anacardier en Côte d'Ivoire. Le taux d'infection des mauvaises herbes varie selon les zones agroécologiques. Les tests ANOVA ont révélé qu'il n'y avait pas de différence significative ($F = 1,96$ et $P = 0,12$) entre les taux d'infection des mauvaises herbes dans les différentes zones agroécologiques qui ont fait l'objet de la présente étude. Cependant, le taux d'infection le plus élevé (79,12 %) a été obtenu dans la zone agroécologique du Centre. En revanche, le taux d'infestation le plus faible a été observé dans la zone agroécologique de l'Est. Des taux d'infection intermédiaires de 63,51 % et 60,15 % ont été relevés dans les zones agroécologiques du Nord et du Centre-Ouest respectivement.

3.1.3. Taux d'infection des mauvaises herbes dans les zones agroécologiques en fonction des espèces

Le taux d'infection dans les zones agroécologiques varie en fonction des mauvaises herbes sélectionnées. Le test ANOVA réalisé au niveau de 5 % a prouvé qu'il y avait une différence très nette ($F = 14,35$ et $P = 0,000$) entre les taux d'infection des mauvaises herbes dans chaque zone agroécologique.

Les taux d'infection par les mauvaises herbes les plus élevés dans la zone agroécologique de l'Est ont été observés sur les espèces *Daniellia oliveri* R. (100 %), *Micuna pruriens* L. (100 %), *Vitellaria paradoxa* G. (100 %) et *Albizia zygia* M. (99%). Les taux d'infection intermédiaires ont été obtenus sur les espèces *Bridelia ferruginea* B. (87,13 %), *Terminalia schimperiana* H. (75,25 %), *Diospyros mespiliformis* H. (45,33 %) et *Calepogonium mucunoides* Desv. En revanche, les espèces *Centrosema pubescens* B. et *Ficus sur* F. présentaient le taux d'infection le plus faible (25,75 %) dans la zone agroécologique de l'Est. Le taux d'infection était nul pour les mauvaises herbes issues des espèces *Anchomanes diformis* Bl., *Stylochiton hypogaeus* Lepr. et *Synedrella nodiflora* L. (Figure 4).

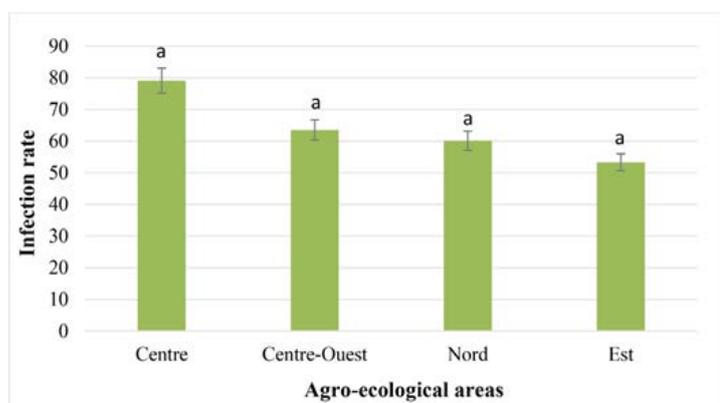


Figure 3. Taux d'infection des mauvaises herbes en fonction des zones agroécologiques. Selon le test de Newman-Keuls, les bandes présentant la même lettre ne sont pas nettement différentes au seuil de 5 %.

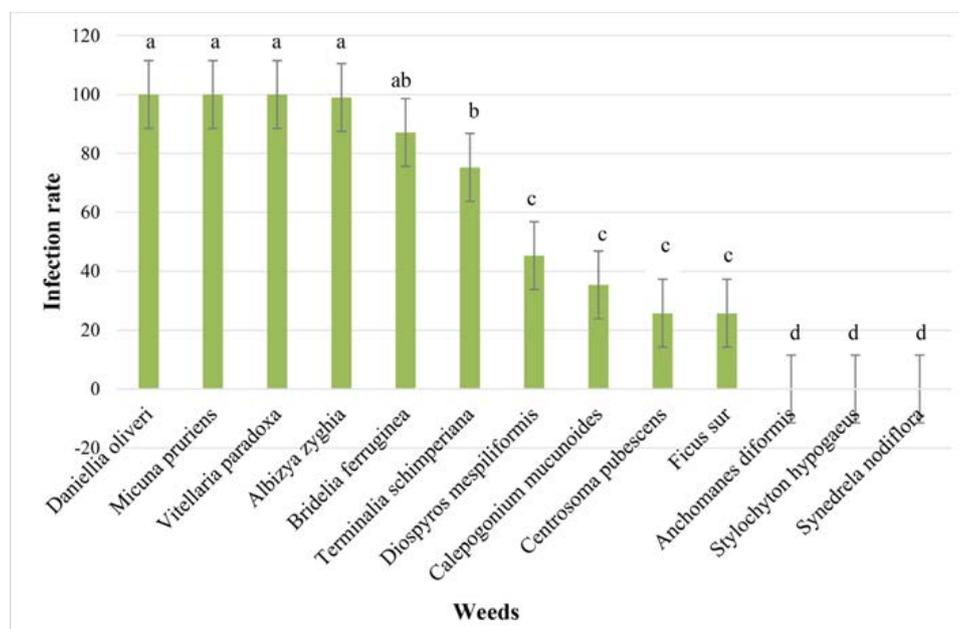


Figure 4. Taux d'infection des mauvaises herbes en fonction des espèces dans la zone agroécologique Est. Selon le test de Newman-Keuls, les bandes qui arboraient la même lettre ne sont pas nettement différentes au seuil de 5 %.

Les taux d'infection par les mauvaises herbes dans la zone agroécologique du Centre varient de 25,66 % à 100 %. Les taux d'infection les plus élevés ont été obtenus sur les espèces que sont *Daniellia oliveri* (100 %), *Isoperlinia doka* C. et S. (100 %), *Vitellaria paradoxa* G. (100 %), *Pterocarpus erinaceus* P. (99,33 %) et *Micuna pruriens* L. (99,26 %). Alors que l'espèce *Calepogonium mucunoides* Desv. présentait le taux d'infection le plus bas (25,66 %) dans la zone agroécologique du Centre. Dans cette zone, aucun champignon n'a été isolé à partir des mauvaises herbes des espèces *Pseudocedrela kotchyi* Sch. et *Tacca leontopetaloides* L. (Figure 5).

Le taux d'infection des mauvaises herbes de la zone agroécologique du Nord variait entre 25,75 % à 100 %. Les taux d'infection les plus élevés ont été obtenus sur les espèces *Daniellia oliveri* R. (100 %), *Vitellaria paradoxa* Gaertn. (100 %), *Isobertinia doka* Craib. et Stapf. (98,86 %) et *Piliostigma thonningii* Schumach (87,22 %). L'espèce *Vitex doniana* S. présentait le taux d'infection le plus faible (25,75 %) dans la zone agroécologique du Nord. Dans cette zone, des taux d'infection intermédiaires ont été enregistrés pour les espèces *Terminalia schimperiana* H. (78.66 %), *Bridelia ferruginea* B. (77.54 %), *Erythrina senegalensis* DC. (75.66 %), *Nauclea latifolia* Smith. (70,60 %) et *Saba senegalensis* A. DC. (67.66 %). Le taux d'infection était nul pour les mauvaises herbes des espèces *Anona senegalensis* Pers, *Hymenocardia acida* Tul. et *Setaria barbata* Lam (Figure 6).

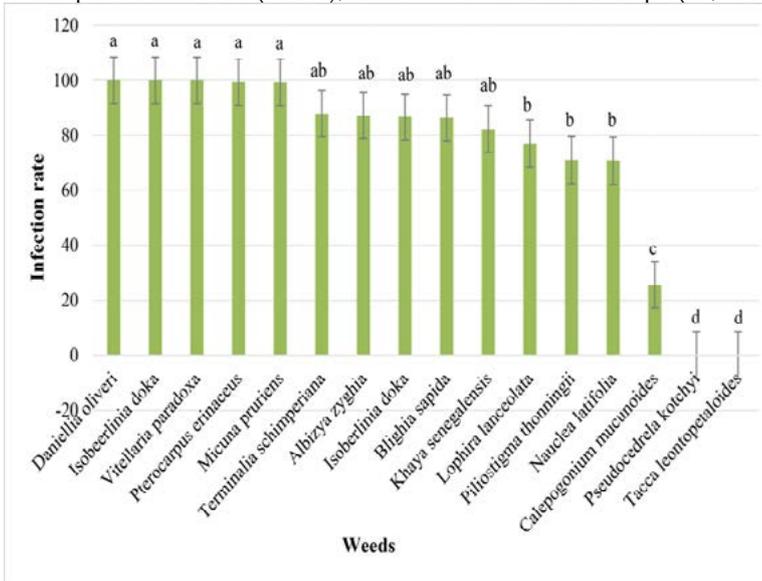


Figure 5. Taux d'infection des mauvaises herbes en fonction des espèces dans la zone agroécologique du Centre. Selon le test de Newman-Keuls, les bandes qui présentaient la même lettre ne sont pas nettement différentes au seuil de 5 %.

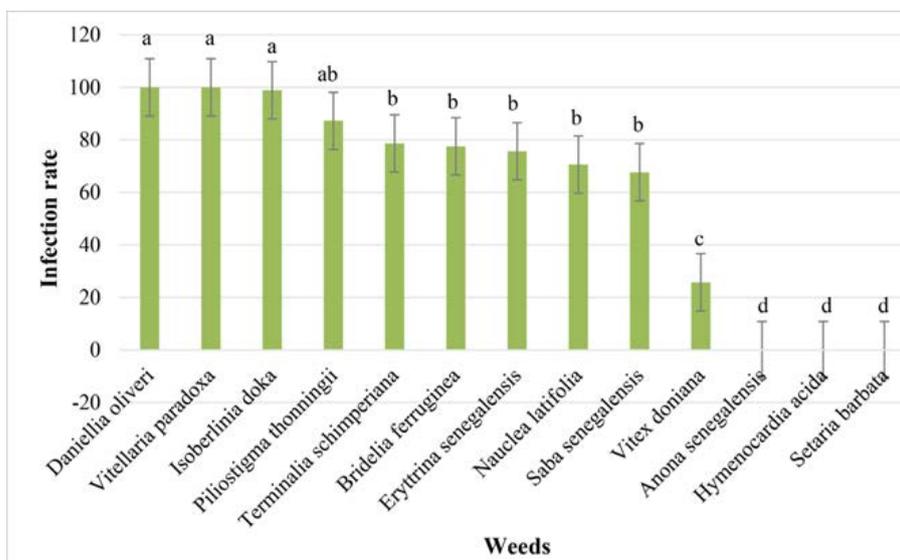


Figure 6. Taux d'infection des mauvaises herbes selon les espèces dans la zone agroécologique du Nord. Selon le test de Newman-Keuls, les bandes qui présentaient la même lettre ne sont pas nettement différentes au seuil de 5 %.

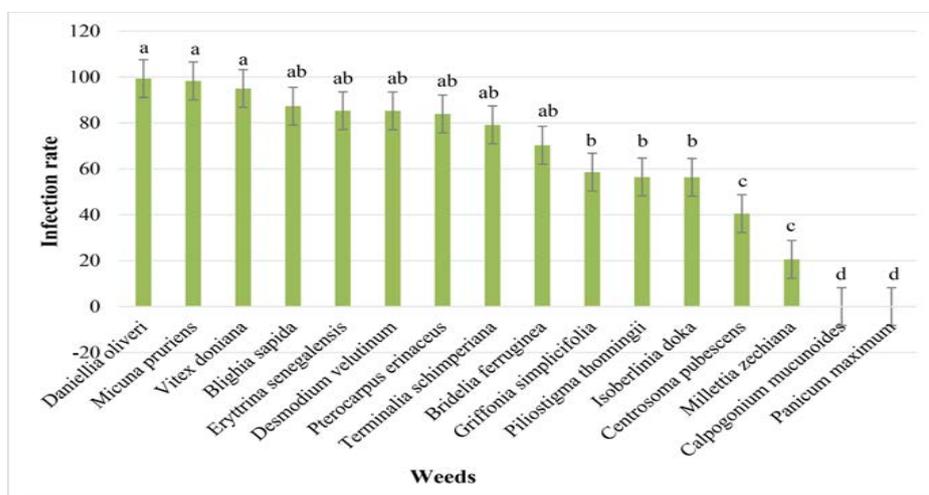


Figure 7. Taux d'infection des mauvaises herbes en fonction des espèces dans la zone agroécologique du Centre-ouest. Selon le test de Newman-Keuls les bandes qui avaient la même lettre ne sont pas nettement différentes au seuil de 5 %.

3.1.4. Flore fongique sur les mauvaises herbes

Échantillons prélevés sur des mauvaises herbes présentant des symptômes de maladie ont fait l'objet d'un diagnostic biologique. Ce diagnostic a permis de constater que cinq espèces de champignons, à savoir *Lasiodiplodia* sp, *Colletotrichum* sp, *Pestalotia* sp, *Alternaria* sp et *Curvularia* sp, sont présentes sur les mauvaises herbes dans le verger d'anacardiens en Côte d'Ivoire. Ces mycopathogènes ont été identifiés sur la base de caractéristiques morphologiques sur le milieu de culture PDA et au microscope. Parmi les espèces répertoriées, trois sont très présentes sur les arbustes et les plantes grimpantes dans les quatre zones agroécologiques couvertes par l'étude (figure 8).

Les deux autres espèces, notamment *Alternaria* sp et *Curvularia* sp, ont parfois été retrouvées sur les arbustes et des graminées dans les zones agroécologiques du Centre-ouest et du Nord de la Côte d'Ivoire (Figure 9).

3.1.5. Fréquence des champignons

La figure 10 est une illustration de la fréquence d'isolement des trois champignons les plus répandus sur les mauvaises herbes dans le verger d'anacardiens en Côte d'Ivoire. Le graphique indique que l'espèce *Colletotrichum* sp était la plus répandue dans toutes les zones agroécologiques. En outre, les fréquences de *Colletotrichum* sp (47,5 % à 55,25 %) étaient statistiquement identiques pour toutes les zones agroécologiques. En revanche, les fréquences d'isolement de l'espèce *Pestalotia* sp (10,5 % à 22,5 %) étaient les plus faibles dans toutes les zones agroécologiques. Les fréquences d'isolement de l'espèce *Lasiodiplodia* sp (30 % à 40,33 %) étaient intermédiaires dans toutes les zones agroécologiques.

L'analyse au sein de chaque zone agroécologique met en évidence le fait qu'il existe une différence notable entre les fréquences d'isolement des différentes espèces de champignons. En effet, dans la zone agroécologique du Nord, la fréquence la plus élevée (47,5 %) a été obtenue avec l'espèce *Colletotrichum* sp, tandis que la fréquence la plus faible (22,25 %) a été obtenue par l'espèce *Pestalotia* sp.

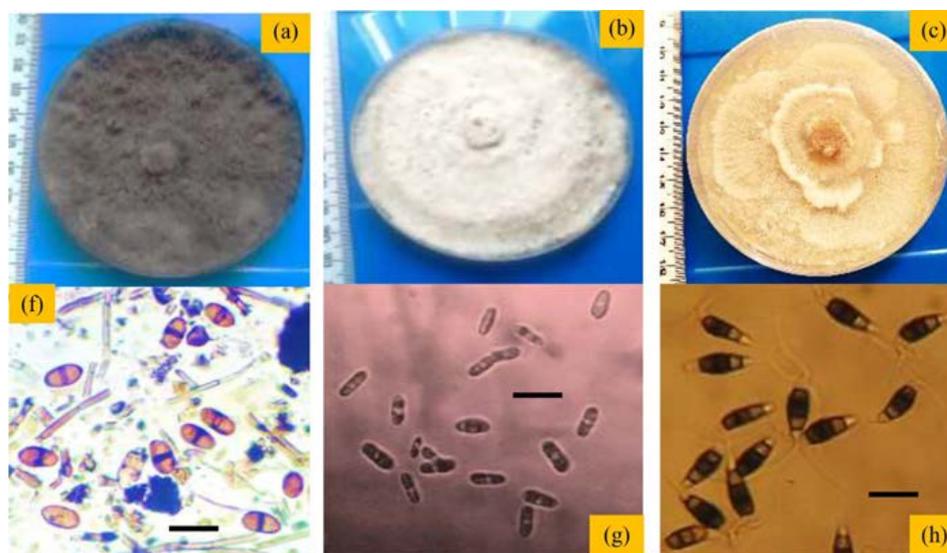


Figure 8. Principaux champignons identifiés sur les mauvaises herbes dans les vergers d'anacardiens. (a) et (f) : *Lasiodiplodia* sp ; (b) et (g) : *Colletotrichum* sp ; (c) et (h) : *Pestalotia* sp. (Observation au microscope optique, grossissement 40)

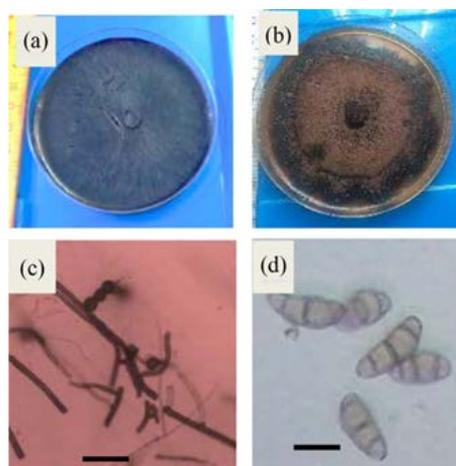


Figure 9. Champignon que l'on retrouve parfois sur les mauvaises herbes. (a) et (c) : *Alternaria* sp. (b) et (d) : *Curvularia* sp. (Observation au microscope optique, grossissement 40)

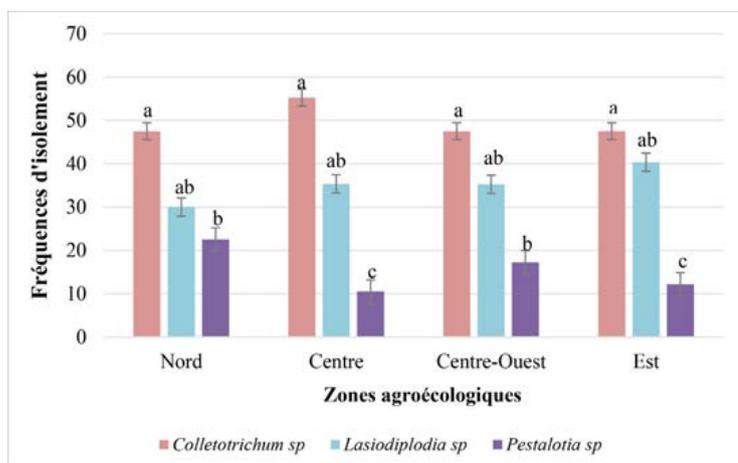


Figure 10. Fréquence des espèces selon les zones agroécologiques. Selon le test de Newman-Keuls, les bandes présentant la même lettre ne sont pas nettement différentes au seuil de 5 %.

Dans la zone agroécologique du Centre, la fréquence la plus élevée a été obtenue par la *Colletotrichum sp.* alors que la fréquence la plus faible provenait de l'espèce *Pestalotia sp.* (10,5 %) a été obtenu par la *Colletotrichum sp.* tandis que la *Pestalotia sp.* présentait la fréquence d'isolement la plus faible (10,5 %).

La fréquence d'isolement la plus élevée (47,5 %) dans la zone agroécologique du Centre-ouest provenait de la *Colletotrichum sp.* tandis que la fréquence la plus faible (17,25 %) était présentée par la *Pestalotia sp.* Dans la zone agroécologique de l'Est, la fréquence d'isolement la plus élevée (47,51 %) provenait de la *Colletotrichum sp.* tandis que la *Pestalotia sp.* avait la fréquence d'isolement la plus faible (12,16 %).

3.2. Discussion

Les résultats ont révélé que les champignons sont présents sur les mauvaises herbes dans les vergers d'anacardiens en Côte d'Ivoire. Le taux d'infection des mauvaises herbes étudiées était de 80 %. Ce taux d'infection élevé indique que la majorité des symptômes observés sur les mauvaises herbes dans le verger d'anacardiens sont dus à des attaques fongiques. Les principaux symptômes identifiés sont des taches de nécrose sur les feuilles, des taches sous formes de brûlures ou blancs sur les feuilles. La forte présence de ces symptômes sur les mauvaises herbes dans le verger d'anacardiens serait liée à la présence de *Colletotrichum gloeosporioides*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Pestalotia heterocornis*, *Cephaluros virescens* ou *Oidium anacardii*. Ces symptômes sont identiques à ceux décrits sur le cajou par plusieurs auteurs dans des études antérieures. Les taches de nécrose sur les feuilles de cajou qui s'assimilent à une brûlure dont la forme ressemble à celle due à un moment passé à la plage sont causées par la *Colletotrichum gloeosporioides*. Les dépôts poudreux rouges sur les feuilles de cajou ont été décrits comme un symptôme de la rouille rouge causée par la *Cephaluros virescens* sur le cajou [21]. De la même manière, au Cameroun, l'oïdium du cajou se manifeste par l'apparition de colonies blanchâtres sur les feuilles de la partie supérieure de la plante [22]. Au Burkina Faso, la *Lasiodiplodia theobromae* est responsable du dessèchement des manguiers [23]. La *Pestalotia heterocornis* provoque des taches de nécrose foliaire sur le cajou en Côte d'Ivoire [24].

Au niveau du type morphologique, les résultats ont prouvé que les arbustes avec un taux d'infection de 65 % étaient les plus infectés dans le verger d'anacardiens. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les arbustes ont une structure tissulaire similaire à celle de l'anacardier. Ces plantes, essentiellement constituées de lignine, seraient compatibles avec les mêmes champignons pathogènes. Ce taux élevé pour les arbustes serait également dû au fait que ces derniers bénéficient d'un temps de présence relativement plus long que les autres types morphologiques dans le verger. Ce délai serait suffisant pour que les champignons pathogènes établissent une relation de compatibilité avec les arbustes. Certains arbustes du verger d'anacardiens possèdent des fonctions alimentaires ou médicinales [25].

Le diagnostic des échantillons symptomatiques a permis d'identifier cinq espèces de champignons, notamment la *Colletotrichum sp.*, la *Lasiodiplodia sp.*, la *Pestalotia sp.*, la *Curvularia sp.* et l'*Alternaria sp.* Selon plusieurs auteurs, les genres fongiques identifiés sont responsables des maladies des anacardiens dans différents pays producteurs [26] [27] [28]. On dit qu'ils sont capables d'attaquer tous les organes de l'anacarde. En Côte d'Ivoire, la *C. gloeosporioides* a été identifiée comme étant responsable de l'antracnose sur tous les organes de l'anacardier [26]. L'espèce *L. theobromae* est responsable du séchage des bourgeons d'anacarde piqués par l'*Phelopeltis sp.* en Côte d'Ivoire [27]. Au Burkina Faso, la *C. gloeosporioides*, la *P. heterocornis* et l'*Alternaria sp.* ont été identifiés sur des feuilles de cajou [28]. En outre, ces auteurs ont rapporté que la *Curvularia sp.* causait des symptômes de maladie sur la noix de cajou et la pomme de cajou.

La *C. gloeosporioides* et la *L. theobromae* étaient les espèces les plus répandues dans toutes les zones agroécologiques. Cela pourrait s'expliquer par la diversité des plantes hôtes de ces deux espèces dans le verger d'anacardiens. Cette fréquence refléterait également la capacité de ces champignons à s'adapter à différentes conditions agroclimatiques. La *C. gloeosporioides* et la *L. theobromae* sont à l'origine de la dessiccation des mangues dans quatre provinces appartenant à des zones agroclimatiques différentes au Burkina Faso [29].

La présence d'autres mauvaises herbes hôtes de l'antracnose et de la dessiccation dans le verger représente une menace pour la production d'anacarde en Côte d'Ivoire. En effet, au Mozambique, les pertes de rendement causées par l'antracnose du cajou se situent entre 50 et 70 % [30].

La dessiccation des bourgeons peut à elle seule entraîner des pertes de rendement de 70 % et la mort de plus de 50 % des pousses végétatives [31]. En outre, les résultats mettent en évidence la nocivité indirecte des mauvaises herbes dans le verger d'anacardiens en Côte d'Ivoire. Une étude similaire a démontré que les mauvaises herbes maintiennent les phytovirus dans les cultures de Solanacées en Côte d'Ivoire [32].

4. Conclusion

Au terme de la présente étude, il a été constaté que le verger d'anacardiers héberge une diversité de mauvaises herbes hôtes des champignons pathogènes de l'anacardier en Côte d'Ivoire. Les symptômes enregistrés étaient l'antracnose, la dessiccation, le mildiou/la rouille de l'oïdium et la pestalotiose. Le taux d'infection global des mauvaises herbes présentant ces symptômes dans le verger s'élevait à 80 %. Les mauvaises herbes les plus infectées dans les vergers d'anacardiers étaient les espèces suivantes : *Daniellia oliveri*, *Vitellaria oliveri*, *Pterocarpus erinaceus*, *Micuna pruriens*, *Albizia zygia* et *Bridelia ferruginea*. En outre, l'étude a révélé la présence de *Colletotrichum* sp, *Lasiodiplodia* sp, *Pestalotia* sp, *Curvularia* sp et *Alternaria* sp sur les mauvaises herbes. Les résultats de présente étude présentent beaucoup d'intérêt et méritent d'être approfondis à travers une caractérisation moléculaire des champignons obtenus et la réalisation de tests de transmission des champignons entre les mauvaises herbes infectées et les anacardiers.

5. Déclaration d'importance

Il s'agit de la première étude réalisée sur les mauvaises herbes hôtes alternatives des champignons pathogènes de l'anacardier dans les vergers d'anacardiers en Côte d'Ivoire. Les résultats de la présente étude mettent en évidence le fait que le verger d'anacardiers en Côte d'Ivoire abrite des mauvaises herbes hôtes alternatives de champignons pathogènes.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le Fonds Interprofessionnel pour la Recherche et le Conseil Agricoles (FIRCA), le Projet de Promotion de la Compétitivité de la Chaîne de valeur de l'Anacarde (PPCA), le Conseil du Coton et de l'Anacarde (CCA), le Programme National de Recherches sur l'Anacarde (PNRA), pour leur soutien financier. Nous remercions également le Laboratoire d'Amélioration des Productions Agricoles de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa pour le matériel mis à disposition.

Conflits d'intérêts

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt concernant la publication du présent article.

Références

- [1] Purseglove, J.W. (1968) Tropical Crops: Dicotyledons, Longman Scientific and Technical. John Wiley and Sons Inc., New York.
- [2] RONGEAD (2013) Connaître et comprendre le marché international de l'anacarde. 49.
- [3] Monteiro, F., Romeiras, M.M., Figueiredo, A., Sebastiana, M., Baldé, A., Catarino, L. and Batista, D. (2015) Tracking Cashew Economically Important Diseases in the West African Region Using Metagenomics. *Frontiers in Plant Science*, 30, Article 482. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00482>
- [4] FAOSTAT (2020) Base des données de la FAO 2020. <http://faostat3.fao.org/20-05-2020>.
- [5] CCA (2022) L'ouverture de la campagne 2022 de commercialisation de la noix de cajou. Abidjan.
- [6] Balogoun, I., Saïdou, A., Ahoton, E.L., Amadji, G.L., Ahojuendo, B.C., Adebo, I.B., Babatounde, S., Chougourou, D., Adoukonou-Sagbadja, H. and Ahanchede, A. (2014) Caractérisation des systèmes de production à base d'anacardier dans les principales zones de culture au Bénin. *Agronomie Africaine*, 26, 9-22.
- [7] Bezerra, M.A., de Lacerda, C.F., Filho, E.G., de Abreu, C.E.B. and Prisco, J.T. (2007) Physiology of Cashew Plants Grown under Adverse Conditions. *Brazilian Journal Plant Physiology*, 19, 449-461. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400012>
- [8] Piepoli, M.F., et al. (2016) Main Messages for Primary Care from the 2016 European Guidelines on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice. *European Journal of General Practice*, 24, 51-56. <https://doi.org/10.1080/13814788.2017.1398320>
- [9] Assunção, R.B. and Mercadante, A.Z. (2003) Carotenoids and Ascorbic Acid Composition from Commercial Products of Cashew Apple (*Anacardium occidentale* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 16, 647-657. [https://doi.org/10.1016/S0889-1575\(03\)00098-X](https://doi.org/10.1016/S0889-1575(03)00098-X)
- [10] Abreu, F.A., Perez, M., Dornier, M. and Reynes, M. (2005) Potentialités de la microfiltration tangentielle sur membranes minérales pour la clarification du jus de pomme de cajou. *Fruits*, 60, 33-40. <https://doi.org/10.1051/fruits:2005010>
- [11] Brito, B., Rodriquez, M., Samaniego, I., Jaramillo, I.M. and Vaillant, F. (2008) Characterising Polysaccharides in Cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) Purée and Their Enzymatic Liquefaction. *European Food Research and Technology*, 226, 355-361. <https://doi.org/10.1007/s00217-006-0545-0>
- [12] Michodjehoun-Mestres, L. (2009) Etude des composés phénoliques de la pomme cajou (*Anacardium occidentale* L.) Biochimie, chimie et technologie alimentaire. Thèse de Doctorat, Université Montpellier II, Montpellier.
- [13] Abreu, F.A. (2012) Etude d'un procédé intégrant la microfiltration tangentielle pour la production d'extraits concentrés en caroténoïdes à partir de pommes de cajou. *Sciences des procédés-Sciences des aliments*, Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, Montpellier.
- [14] Soro, D. (2012) Couplage de procédés membranaires pour la clarification et la concentration du jus de pomme de cajou: Performances et impacts sur la qualité des produits. Thèse de doctorat, du Centre International d'Etudes Supérieures en Sciences Agronomiques, Montpellier.
- [15] NARI (2009) Naliendele Agricultural Institute. Diseases and Insect Pests of Cashew. Technical Report, Naliendele, 62.
- [16] Koné, D., Abo, K., Fatogoma, S., Soro, S., Camara, B. et N'Guessan, A.C. (2015) Etablissement de la carte sanitaire du verger anacardier,

contrôle et veille sanitaire en Côte d'Ivoire. Rapport d'exécution du projet entre le Conseil du Coton et de l'Anacarde et le Laboratoire de Physiologie Végétale de l'Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan, 303.

[17] Rivera-Vargas, L.I., Yanaliz, L.N., McGovern, R.J., Seijio, T. and Davis, M.J. (2006) Occurrence and Distribution of *Colletotrichum* spp. on Mango (*Mangifera indica* L.) in Puerto Rico and Florida, USA. *Plant Pathology Journal*, 5, 191-198. <https://doi.org/10.3923/ppj.2006.191.198>

[18] N'Guettia, M.Y., Diallo, A.H., Kouassi, N. and Coulibaly, F.C. (2013) Diversité morphologique et pathogénique des souches de *Colletotrichum* sp. responsables de l'anthracnose de la mangue en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 18, 2775-2784.

[19] Barnett, H. and Barry, B.H. (1972) *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. Burgess Publishing In., Minneapolis. [20] Walder, M. (1996) *Statistique et calcul des probabilités*. 7th Edition, Dalloz, Paris.

[21] Afouda, L.C.A., Zinsou, V., Balogoun, R.K., Onzo, A. and Ahohuendo, B.C. (2013) Inventaire des agents pathogènes de l'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) au Bénin. *Bull. Rech. Agron. Bén.*, 73, 13-19.

[22] Dooh, N.J.P., Asta, D.B.C., Djile, B., Tchoupou, T.B.D., Heu, A., Mboussi, B.S., Kuate, T.N.W. and Ambang, Z. (2021) Principales maladies fongiques des anacardières (*Anacardium occidentale* L.) au Cameroun. *Journal of Agricultural Science*, 13, 124-134. <https://doi.org/10.5539/jas.v13n3p124>

[23] Dianda, Z.O. (2019) Caractérisation des agents pathogènes associés au dessèchement du manguier et essai de méthode de lutte contre la maladie au Burkina Faso. Thèse de doctorat, Université de l'Université Joseph KI-ZERBO, Ouagadougou.

[24] Nakpalo, S., Soro, S., Koné, T., Kouabenan, A., Koné, M. and Koné, D. (2017) Champignons parasites dans les vergers d'anacardières (*Anacardium occidentale* L.) de Côte d'Ivoire. *Plant Pathology Journal*, 16, 82-88. <https://doi.org/10.3923/ppj.2017.82.88>

[25] Konaté, L.M., Ouattara, D.N., Kouamé, F.N'G. and Bakayoko, A. (2021) Diversity and Uses by Farmers of Cashew (*Anacardium occidentale* L.) Orchards Weeds in Côte d'Ivoire. *Ethnobotany Research & Applications*, 21, Article No. 21. <https://doi.org/10.32859/era.21.21.1-14>

[26] Soro, S., Silué, N., Ouattara, G.M., Chérif, M., Camara, I., Sorho, F., Ouali, N.M., Abo, K., Koné, M. and Koné, D. (2015) Investigations on Major Cashew Diseases in Côte d'Ivoire. *Proceedings of the Third International Cashew Conference*, Dar Es Salaam, 16-19 November 2015, 158-166.

[27] Soro, S., Sanogo, S., Ouattara, M., Silue, N., Koné, D. and Kouadio, J. (2020) Analyse descriptive et facteurs agronomiques d'avant-garde de l'état sanitaire des vergers anacardières (*Anacardium occidentale* L.) en Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 16, 72-86. <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n30p72>

[28] Wonni, I., Sereme, D., Ouedraogo, I., Kassankagno, A.I., Dao, I., Ouedraogo, L. and Nacro, S. (2017) Diseases of Cashew Nut Plants (*Anacardium occidentale* L.) in Burkina Faso. *Advances in Plants & Agriculture Research*, 6, 78-83. <https://doi.org/10.15406/apar.2017.06.00216>

[29] Dianda, Z.O., Wonni, I., Zombré, C., Traoré, O., Sérémé, D., Boro, F., Ouédraogo, I., Ouédraogo, S.L. and Sankara P. (2018) Prévalence du dessèchement du manguier et évaluation de la fréquence des champignons associés à la maladie au Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, 126, 12686-12699. <https://doi.org/10.4314/jab.v126i1.6>

[30] Mathur, S.B. and Kongsdal, O. (2003) *Common Laboratory Seed Health Testing Methods for detecting fungi*. 1st Edition, International Seed Testing Association, Switzerland.

[31] Loganathan, M. and Vanitha, K. (2016) Management of Diseases in Cashew. In: *Integrated Pest Management in Cashew*, Lecture Notes 2016. ICAR-Directorate of Cashew Research Puttur-574 202, Dakshina Kannada Karnataka, 21-23.

[32] Traoré, K., Sorho, F., Dramane, D.D. and Sylla, M. (2013) Adventices hôtes alternatifs de virus en culture de Solanaceae en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 25, 231-237.

ESTIMATION DE LA QUANTITÉ DE CARBONE SÉQUESTRÉE PAR LES ANACARDIERS

Sabi Bira Joseph TOKORE OROU MERE^{1,2}, Simonse WIM³, Ferdinand GBEDE⁴, Issiakou MOUSSA², Jean-Claude EHONAN³, Olivier KABRE², Jean-François GUAY², Kora B. Désiré SIMPEREGUI⁵ et Jean de Dieu Fabrice AKOUNNOU⁶.

¹Département de Production Végétale Faculté d'Agronomie Université de Parakou BP : 123, Parakou Bénin

²Projet PRO-Cajou en Afrique de l'Ouest

³Away⁴ Afrique

⁴Fédération Nationale des Producteurs d'Anacarde du Bénin (FENAPAB)

⁵Université Mohammed VI Polytechnique Maroc

⁶Laboratoire d'Analyse et de Recherches sur les Dynamiques Economiques et Sociales (LARDES)

Résumé

Le réchauffement climatique est un problème dont la cause principale est la concentration croissante de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Grâce à leur capacité d'absorption du carbone, les arbres dont les anacardiers stockent du CO₂ via la photosynthèse. La présente activité conduite au Bénin de 2020 à 2022, vise à estimer la quantité de CO₂ stockée dans les arbres de cajou. L'échantillon a concerné 73 721 arbres de 652 ha de plantation de 385 producteurs de deux départements de production de cajou au Bénin. Dix à vingt arbres sont échantillonnés par hectare en moyenne suivant les diagonales de la plantation pour la collecte des paramètres de hauteurs et de diamètre hauteur poitrine. Le logiciel FarmerLink est un outil de collecte de données. L'équation allométrique dépendant du diamètre à la hauteur d'un arbre à poitrine (DHP) a été utilisée pour l'évaluation de la biomasse. Avec la biomasse le stock de carbone au niveau des arbres de cajou est révélé. Le test ANOVA est réalisé avec le logiciel R et le test post de Tukey a permis de comparer les moyennes. Les résultats ont produit que les arbres de cajou âgés de 15 ans et plus dotés d'une biomasse élevée ($193,82 \pm 9,73$ Kg/arbre/an) avec une capacité de séquestration de carbone importante ($17,03 \pm 0,98$ kgCO₂/arbre/an) contrairement aux arbres les plus jeunes. Cependant en moyenne, un arbre de cajou séquestre environ 16 kgCO₂/an avec une biomasse moyenne de $109,78 \pm 8,08$ Kg/arbre/an. Il est à noter que l'âge, la biomasse et la quantité de CO₂ séquestrée par les anacardiers sont fortement et positivement corrélés. C'est-à-dire que l'augmentation de l'un des facteurs entraîne respectivement l'augmentation des autres. Dans les conditions de plantation normale avec les entretiens adéquats, les champs de cajou avec une densité moyenne de 105 à 113 arbres à l'hectare peuvent séquestrer entre 1,7 et 1,9 tonnes de carbone par hectare par an. Elle apparaît comme une opportunité qui pourrait apporter jusqu'à 19 % de revenus additionnels aux producteurs de cajou en dehors de la vente des noix brutes de cajou.

Mots clés : Séquestration de carbone, Réchauffement climatique, Biomasse, Anacardier, Bénin.

Introduction

La recherche sur le changement climatique confirme que les émissions de gaz à effet de serre (GES) entraînent des activités humaines, telles que l'industrialisation, le changement d'utilisation des terres et l'exploitation excessive des ressources naturelles. Ces émissions sont responsables du réchauffement climatique actuellement observé sur la Terre (Tinlot, 2010 ; Thiombiano et al., 2011 ; Aliou et al., 2012 ; Zapfack et al., 2013 ; Tayo, 2014 ; Noiha et al., 2015). Plusieurs études indiquent que ces GES, notamment le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et l'oxyde nitreux (N₂O), libérés par ces activités anthropiques entraînent une augmentation de la température terrestre, une fréquence accumulée d'événements météorologiques extrêmes et une élévation du niveau des océans (Razafimbelo, 2011 ; Muoghalu, 2014). Le CO₂ est un gaz qui permet à la terre de bénéficier d'un effet de serre naturel indispensable à la vie, maintenant la température terrestre moyenne à 15°C plutôt qu'à -18°C. Cependant, l'augmentation de sa concentration a une influence directe sur l'efficacité de cet effet de serre, induisant ainsi le réchauffement de la planète et le changement climatique (Dorvil, 2010 ; Muoghalu, 2014). Ce dérèglement du climat est responsable de nombreuses catastrophes qui augmentent, chaque année, le nombre de victimes en situation d'urgence humanitaire. Notre planète subit actuellement un changement à une échelle considérable. Le réchauffement climatique, en cours actuellement, constitue la menace la plus importante jamais amorcée par l'homme en raison de ses activités génératrices de gaz à effet de serre. En effet, depuis la révolution industrielle, la concentration moyenne globale en CO₂ dans l'atmosphère est passée d'environ 277 ppm en 1750 à 399 ppm en 2015, soit une augmentation de 44 %. Cette tendance alarmante se confirme à la hausse, avec une concentration actuelle ayant dépassé 400 ppm (Le Quéré et al., 2016). En conséquence, l'absorption des rayons infrarouges émis par la surface terrestre s'accroît et entraîne un réchauffement global de la troposphère (Hansen et al., 1998). En 2015, nos activités anthropiques ont émis $41,9 \pm 2,8$ Gt de CO₂ dans l'atmosphère, c'est-à-dire 49% de plus qu'en 1990 et 91% de ces émissions provoquées de la combustion des énergies fossiles, tandis que le changement d'occupation du sol (déforestation, etc.) est responsable des 9% restants (Le Quéré et al., 2016). Cependant,

Grâce à leur capacité d'absorption du carbone, les arbres dont les anacardiers stockent du CO₂ via la photosynthèse. Cette quantité de carbone séquestrée par les anacardiers peut être estimée et mise sur le marché en compensation. Cela contribue à la réduction des gaz à effet de serre et par ricochet à l'atténuation de leur effet sur le réchauffement climatique tout en payant des revenus additionnels aux et aux usines de transformations partenaires. Compte tenu des opportunités offertes par les structures internationales pour compenser l'excès d'émissions de carbone, il est de plus en plus important de prendre en compte la séquestration du carbone dans le bilan carbone. Cela représente une opportunité pour les producteurs d'anacarde. C'est dans cette perspective que la présente étude vise à estimer le potentiel de séquestration dans les vergers d'anacarde de producteurs.

I- Matériel et méthodes

1.1. Matériel

Les travaux ont été conduits dans les départements du Borgou et de la Donga au Bénin (Figure 1). Le Département du Borgou est situé au Nord-Est du Bénin. Il fait frontière avec la République du Burkina Faso au Nord-Est, au Nord par la République du Niger et à l'Est par la République Fédérale du Nigeria. Le département de la Donga quant à lui est limité au Nord par le département de l'Atacora, au Sud par le département des Collines, à l'Est par le département du Borgou et à l'Ouest par la République du Togo. Situé entre 8,5° et 12,5° de latitude et entre 2,15° et 3,45° de longitude, le département du Borgou s'étend sur une superficie de 52.098 km² soit 45.3 % de la superficie totale du Bénin (MDGLAAT, 2017) alors que la Donga s'étend sur une superficie de 11.126 km. Le Borgou est couvert par un climat sahélo soudanais et soudano guinéen avec deux saisons qui se succèdent dans l'année : une saison sèche de novembre à avril et une saison de pluie de mai à octobre. La pluviométrie annuelle moyenne varie entre 1200 mm dans le Sud Borgou et 900 mm dans le Nord Borgou. Dans le département de la Donga, le climat est du type soudano-guinéen, caractérisé par une saison sèche qui couvre la période de mi-octobre à mi-avril et une saison pluvieuse entre mi-avril et mi-octobre normale avec des précipitations se situe entre 1200 mm et 1300mm avec le mois d'Août comme le mois le plus pluvieux (INSAE. 2016). Le sol du Borgou est constitué de socle précambrien du type dahoméen, avec une large frange sédimentaire alluvionnaire le long du Niger et des grès du crétacé au Nord-Est. On y distingue deux grandes catégories : Les sols hydromorphes argileux et épais de la vallée du Niger et les sols granito gneissiques représentant la plus grande extension. La flore est très diversifiée selon les étalements climatiques et en correspondance avec les extensions du sol. La couverture végétale est constituée des forêts classées, des forêts galeries, de la savane arborée et de la forêt arbustive qui servent de réserves pour les espèces animales (MDGLAAT, 2017). Quant aux sols de la Donga, ils sont de type minéraux brut, ferrugineux tropicaux indurés et hydro morphe. Ces sols ont besoin d'importants apports en matière organique pour la reconstruction de la couche humifère sur les parcelles mises en culture. La végétation est dense le long des cours d'eau et constitue ainsi des forêts galeries. Ces deux départements sont dans le pôle 4 dont la filière prioritaire est l'anacarde (INSAE. 2016).

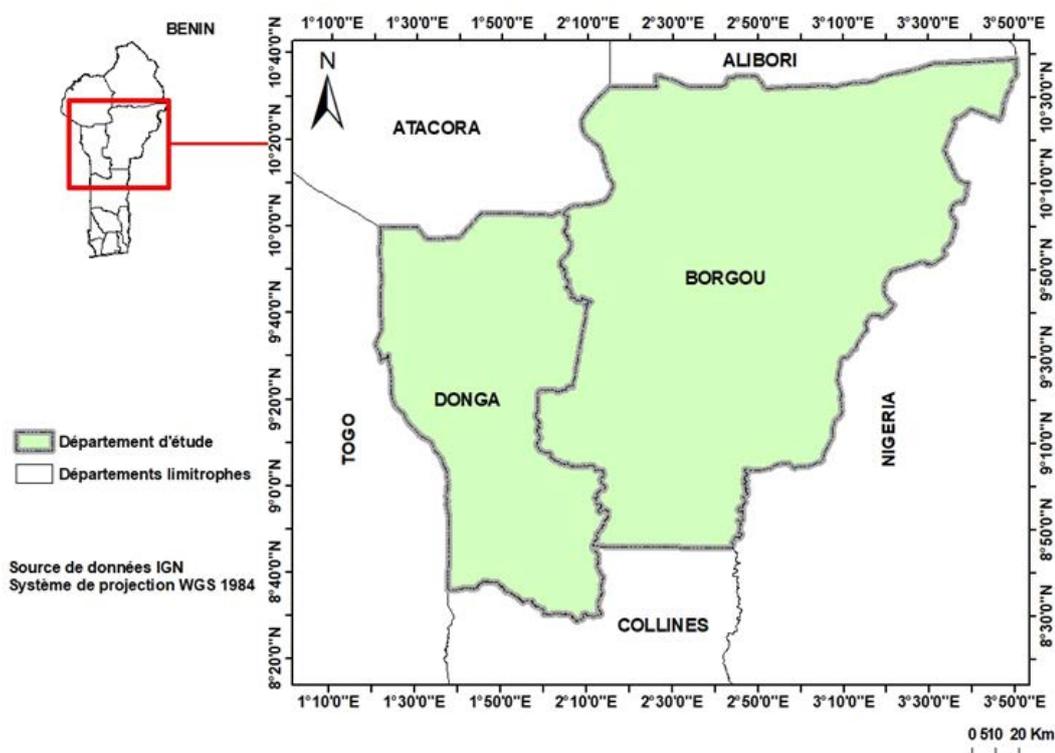


Figure 1 : carte de la zone d'étude

1.2. Méthodes

Cette étude a été conduite pendant trois ans de 2020 à 2022. Pour la collecte des données, 385 producteurs de la fédération nationale des producteurs d'anacarde du Bénin ont été choisis. Il s'agit des producteurs qui entretiennent leurs plantations afin d'éviter que celles-ci soient consommées par les feux de végétation. Pour la collecte des données après suivi des plantations, dix à vingt arbres sont échantillonnés et marqués à l'aide de la peinture par hectare en moyenne suivant les diagonales de la plantation. Les données nécessaires sont relatives au nombre d'arbres dans la plantation, la hauteur et le diamètre hauteurs poitrines des arbres échantillons. Ces données ont été directement transférées dans l'application FarmerLink (outil de collecte de données utilisé). Au total, 73 721 arbres de 652 ha ont été échantillonnés et mesurés.



1.3. Analyse des données

Le Tableau Excel (2016) a été utilisé pour le traitement des données et le logiciel R version 4.3.1 a pour les analyses statistiques. L'analyse des variances (ANOVA) et le test post de Tukey ont permis de calculer les moyennes et de comparer à un seuil de signification de 5 %. Par ailleurs, l'équation allométrique reliant le diamètre à la hauteur d'un arbre à de poitrine (DHP), c'est à dire le diamètre du tronc mesuré à 1,3 m au-dessus du sol a été utilisée pour le calcul de la biomasse aérienne. L'équation allométrique est typiquement exprimée comme suit : $B = a \times DBH^b$; où B est la biomasse aérienne de l'arbre (en kilogrammes), DHP est le diamètre à hauteur de poitrine (en centimètres) et a et b sont des paramètres spécifiques à l'espèce qui sont estimés à l'aide d'une analyse de régression. Avec la biomasse et l'âge de l'arbre, la quantité de carbone séquestrée a été estimée.

II- Résultats

2.1. Densités de plantations d'anacarde

Le tableau 1 ci-après présente la densité moyenne des plantations ayant fait l'objet de cette étude. Il ressort de ce tableau que les plantations des départements du Borgou et de la Donga au Bénin pour ce qui concerne les producteurs échantillonnés sur une densité moyenne comprise entre 105 et 113 arbres à l'hectare.

Tableau 1 : Densité des plantations d'anacarde

densité_moyenne	variation	IC_inf	IC_sup	minimum	maximum
109.54	2.37	100.67	105.41	10,00	215,00

2.2. Biomasse des anacardiers

Les résultats du test d'ANOVA de la biomasse en fonction de la tranche d'âge de l'anacardier sont présentés dans le tableau 1. L'analyse révèle qu'à un seuil de 5%, il existe une différence significative entre les biomasses produites par les anacardiers selon leur tranche d'âge (P-value < 0.05).

Tableau 2: Biomasse de l'anacardier en fonction de la tranche d'âge.

	Df	Somme carré	Carré moyen	Valeur F	Valeur P
Groupe_âge	3	1426235	475412	62,99	<2e-16
Résidus	385	2883222	7548		

La Figure 1 présentant les résultats de la comparaison des biomasses moyennes en fonction de la tranche d'âge des anacardiers, utilisant le test de Tukey indique une évolution graduelle de la biomasse produite avec l'âge des arbres. En effet, le groupe d'âge de 15 ans et plus présente la biomasse moyenne la plus élevée, avec une valeur de $193,82 \pm 9,73$ Kg/arbre/an. Ensuite, les anacardiers des tranches d'âge de 10-15 ans, 05-10 ans et 0-5 ans suivent avec des biomasses moyennes respectives de 154.61 ± 8.61 Kg/arbre/an, 70.07 ± 8.10 Kg/arbre/an et 20.65 ± 5.88 Kg/arbre/an.

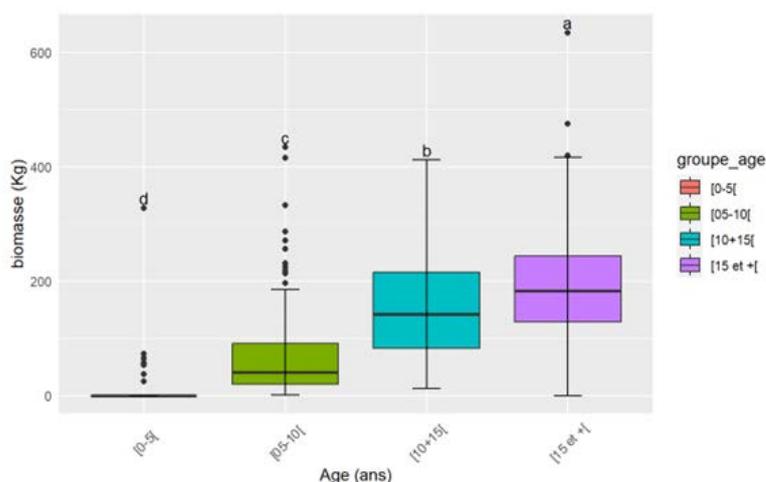


Figure 2 : Comparaison des biomasses des anacardiers en fonction de la tranche d'âge

2.3. Quantité de carbone séquestrée par l'anacardier

L'analyse des variances (ANOVA) de la quantité de carbone séquestrée à l'arbre en fonction de la tranche d'âge de l'anacardier sont présentées dans le tableau 2. Ce tableau révèle qu'à un seuil de 5 %, il existe une différence hautement significative entre la quantité de carbone séquestrée par les anacardiers selon leur tranche d'âge (P-value = $1.08e-13 < 0,05$).

Tableau2: Quantité de carbone séquestrée en fonction de la tranche d'âge de l'anacardier

	Df	Somme carré	Carré moyen	Valeur F	Valeur P
Groupe_âge	3	6768	2255,9	22,98	1,08e-13
Résidus	385	37509	98,2		

La Figure 2 présente les résultats de la comparaison des quantités moyennes de carbone séquestrées en fonction de la tranche d'âge des anacardiers. L'analyse de ce chiffre indique que la quantité de carbone séquestrée augmente progressivement avec l'âge des arbres d'anacardes, atteignant un pic entre 10 et 15 ans. Le groupe d'âge de 10-15 ans et plus présente la quantité moyenne de carbone séquestrée la plus élevée, avec une valeur de $17,03 \pm 0,98$ Kg/arbre. Ensuite, les anacardiers de la tranche d'âge de 05-10 ans suivent avec une quantité moyenne de carbone séquestrée de $12,81 \pm 1,33$ Kg/arbre. La quantité de carbone séquestrée par les anacardiers de moins de 5 ans est très faible.

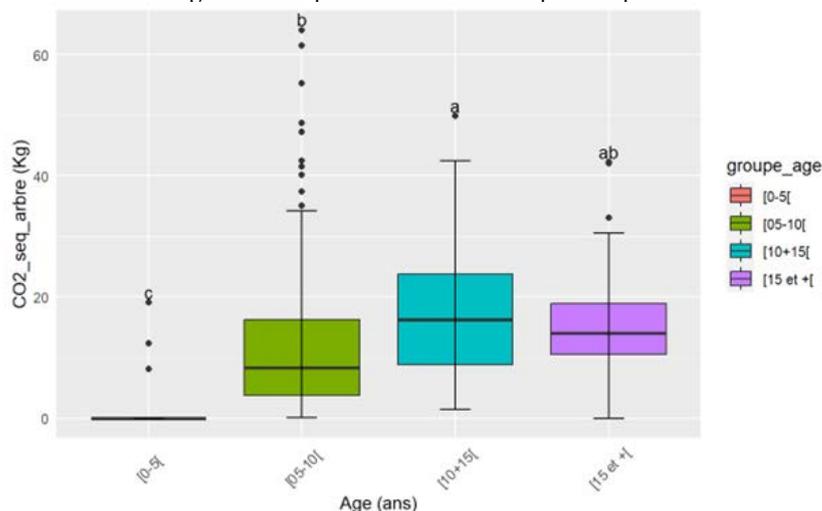


Figure 3 : Comparaison de la quantité de carbone séquestrée par les anacardiers en fonction de la tranche d'âge

2.4. Relation entre la superficie, la biomasse totale, la quantité de carbone et l'âge des arbres d'anacardier

Les résultats de l'entraînement du modèle de régression linéaire multiple (Tableau 3) ont révélé que les variables explicatives ont atteint 88 % de la variabilité de la biomasse produite. À un seuil de 5 %, il est constaté un lien positif entre la quantité de biomasse produite et la superficie de la plantation, la circonférence, la taille et l'âge des anacardiers. Il ressort qu'une augmentation d'un hectare de la superficie de la plantation entraîne une augmentation de la biomasse. De même, une augmentation d'un centimètre de la circonférence et/ou de la hauteur des arbres conduit à une augmentation de la biomasse. Enfin, une augmentation d'une année de l'âge des arbres entraîne une augmentation de la biomasse produite de 714,09 Kg/ha.

Tableau 3 : Résultats de la régression linéaire multiple de la biomasse totale produite sur les variables explicatives

	Estimation	Std. Erreur	Valeur P	Estimation_réelle**
Intercepter	0,015	0,021	0,461	11144,76
nb_arbres	0,027	0,060	0,641	2,761
zone_plantation	0,388	0,020	2,00E-16*	6132,666
circonscri	0,539	0,037	2,00E-16*	288,172
hauteur	0,287	0,035	1.50E-14*	2306,53
âge	0,076	0,029	0,0106*	714,098

R_carré = 88,03 %

R_square_adj = 87,81 %

** Équivalence de l'effet de la variation d'une unité des variables indépendantes sur la biomasse normalisée par rapport à l'unité de la biomasse non normalisée

2.5. Potentiel de séquestration et valeur économique

Les résultats des travaux conduits dans le réseau des producteurs de la Fédération Nationale des Producteurs d'Anacarde du Bénin montrent qu'en moyenne des revenus additionnels de l'ordre de 22 385 FCFA/ha soit 19% des revenus de la plantation sont réalisés par les bénéficiaires des crédits carbone (Tableau 5). Il ressort de l'analyse du même tableau, que les producteurs impliqués dans le projet "Cashew Capture Carbon" (CCC) de la FENAPAB disposent en moyenne de 1,4 ha de plantation, permettant ainsi aux producteurs de réaliser des revenus additionnels moyens de l'ordre de 31 339 FCFA sur son exploitation.

Tableau 4 : systèmes d'anacardiens dans la séquestration de carbone

Rubrique	Unité	2020	2021	2022	moyenne
Nombre d'agriculteurs	Les agriculteurs	121	363	355	-
Tracés numériques	Parcelles	142	456	443	-
Zone	Ha	225	620	590,26	-
#des arbres	Des arbres	22 454	73 466	70333	-
Arbres de poids de biomasse	Mont	3 702	9 841	9610	-
# tCO2 séquestrées	tCO2	430	1 034	1012	-
Région/agriculteur	Ha/Fermier	1,9	1,7	1,7	1,8
Superficie du terrain	Ha/parcelle	1,6	1,4	1,3	1,4
Densité	Arbres/ha	101	118	119	113
Séquestration/arbre	kg CO2/an/arbre	19	14	14	16
Séquestration/ha	tCO2-eq/an/ha	1,9	1,7	1,7	1,8
Revenu CO2 supplémentaire	FCFA par ha	22 473	22 341	22 341	22 385
Rendu des plantations	Kg/ha	392	398,45	431,24	407,23
Revenu NBC des producteurs	FCFA par ha	123 694	119 535	118 591	124 200
Revenu complémentaire - %	%	17%	19%	19%	19%

III- Discussion

Les producteurs dont les plantations sont prises en compte lors de ces travaux sont ceux qui les entretiennent. Ce qui explique la densité moyenne des arbres de 113 arbres à l'hectare proche de la norme recommandée (100 plants à l'hectare). Dans le département du Borgou et de la Donga, les plantations d'anacarde sont jeunes et installées plus ou moins selon les normes de création des vergers. Cependant, il est à noter que selon le rapport de l'enquête de l'estimation des rendements de noix de cajou commandité par PRO-Cashew en 2022, sur l'ensemble du territoire béninois, les plantations d'anacardier sont très denses atteignant les 165 arbres en moyenne par hectare. (Rapport Enq, 2022). Ce qui pourrait aussi expliquer la présence des plantations avec des densités proches de la norme. Les espèces ligneuses dont l'anacardier emmagasinent dans leur biomasse, via la photosynthèse, une quantité considérable de cet élément (Montagnini 1 Nair, 2004). Les résultats ont résulté qu'à partir de 15 ans, les arbres de cajou disposent d'une biomasse très importante ($193,82 \pm 9,73$ Kg/arbre/an) avec une capacité de séquestration de carbone importante ($18,15 \pm 9,03$ kg CO₂/arbre/an) contrairement aux arbres les plus jeunes. Des résultats similaires sont trouvés avec Ouédraogo et al. (2020) sur leurs travaux réalisés au niveau des plantations de Tectona. Selon eux, l'abondance des sujets de gros diamètres dans les plantations de Tectona explique la quantité totale importante de biomasse (122,96 tMS/ha) et de carbone (61,47 tC/ha) obtenue. Les résultats obtenus peuvent être expliqués par le couvert végétal bien développé et le diamètre des anacardiens dont l'âge avoisine les 15 ans. Les agrosystèmes d'anacardiens ont une forte capacité à stocker plus de carbone comparé aux savanes naturelles perturbées (Awe Djongmo et al., 2016). Les résultats montrent que la biomasse et la quantité de CO₂ séquestrée par les anacardiens sont fortement et positivement corrélées et une augmentation d'une année de l'âge des arbres entraînent une augmentation de la biomasse produite de 714,09 Kg/ha. Ce résultat confirme ceux de Ouédraogo et al. (2020) qui ont conclu que la capacité de production de biomasse et de stockage du carbone varie en fonction du type de végétation. De plus Saïdou et al. (2012) confirment que la biomasse aérienne a bénéficié pour environ 62 % du stock total de carbone évalué. Tout ceci pourrait expliquer le fait que plus l'âge de l'arbre augmente, plus la biomasse aérienne se développe ainsi l'augmentation de la quantité de carbone séquestrée. Seghiéri, (2019) montre que tout au long de la croissance des cacaoyers et des arbres associés, le stockage de carbone augmenté jusqu'à atteindre parfois un niveau proche de celui d'un système forestier (Saj et al., 2017). Il s'avère cependant que le stockage de carbone est principalement le fait des grands arbres ayant un diamètre supérieur à 30 cm qui sont favorisés tout au long de la vie de la cacaoyère (Saj et al., 2019). Ces résultats sont confirmés au cours de ces travaux à travers les faibles quantités de carbone séquestré au niveau des arbres très jeune et moins gros. En effet, les quantités moyennes de carbone séquestré les plus élevées sont observées chez les arbres âgés et avec un grand diamètre. En moyenne, 1,8 tCO₂-eq/an/ha sont séquestrés dans les plantations d'anacarde qui ont fait l'objet de suivi. Cette quantité est inférieure à celle obtenue par Awe Djongmo et al., 2016 (28,29 t/ha) au Cameroun pour les arbres de 10 à 20 ans et Thiombiano (2010) au Burkina Faso pour les anacardiens de 16 ans (7,17 t/ha). Cette différence pourrait être liée à la méthodologie de comptage utilisée mais principalement à la variabilité de la densité du sous-bois, et même fonction du niveau de maturité des anacardiens. En effet, la méthode de comptage de ces travaux est beaucoup focalisée sur la collecte des données et l'estimation sur les individus d'anacardier. C'est suite à une extrapolation que la quantité séquestrée sur la plantation est estimée ce qui montre une corrélation entre la densité et la quantité de carbone séquestrée. Pour des densités supérieures, cette quantité pouvait être élevée, a choisi qui pourrait aussi expliquer les différences de résultats obtenus avec Awe Djongmo et al., 2016 et Thiombiano (2010). En effet, la densité des plantations d'anacardier ayant fait l'objet de suivi est la moins élevée (105-113 arbres à l'hectare) au Cameroun et au Burkina Faso ou les plantations peuvent parfois atteindre des densités de 198 arbres à l'hectare. Les augmentations de captation les plus importantes ont lieu aussi lorsque l'on passe d'un système à faible biomasse (cultures annuelles, prairies, jachères) à un système basé sur les arbres (Palm et al., 2000). Les anacardiens possèdent donc un potentiel très élevé dans un contexte où le carbone séquestré offre un revenu supplémentaire aux agriculteurs (Dixon, 1995). En effet, les producteurs concernés par ce travail peuvent faire un revenu additionnel de l'ordre de 19 % des ventes des noix de cajou ce qui peut contribuer à l'entretien et à la gestion de leurs plantations.

Conclusion

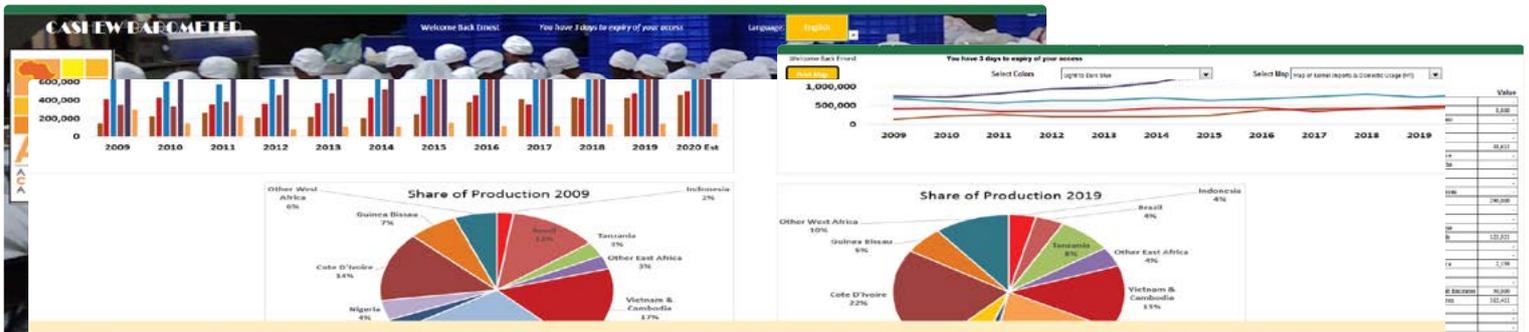
L'estimation de la biomasse et du carbone des anacardiens prend de plus en plus de l'ampleur dans le monde et permet non seulement aux producteurs de faire des revenus additionnels mais aussi permet surtout aux entreprises industrielles de compenser leur émission de gaz. Dans le contexte actuel de mis en marché difficile des noix de cajou sur le marché et la volonté des consommateurs à manger saint et sans émissions de carbone, les noix de cajou neutres de carbone constituent un marché de niche tout comme les certificats bio, équitable et même Rainforest Alliance. Ce qui pourrait contribuer à l'amélioration des revenus des producteurs car les méthodes de calculs de carbone influent sur le paiement final. Par ailleurs, il s'avère nécessaire d'avoir une approche harmonisée dans

les pays de l'Afrique l'ouest, afin de contribuer à la mise en place d'une bourse pour la vente et l'achat des unités de carbone séquestré. Par ailleurs, les méthodes de calculs du carbone ont une forte incertitude et l'estimation de cette incertitude sont également importantes pour s'assurer que les paiements de carbone ne sont pas réussis pas le montant réel du carbone séquestré.

Références

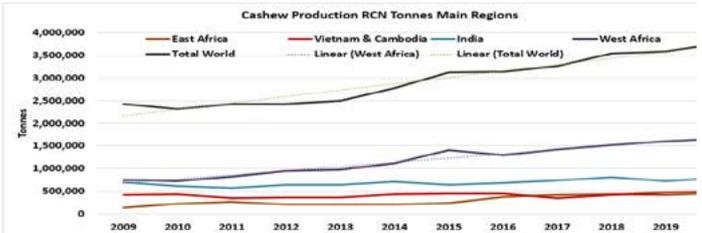
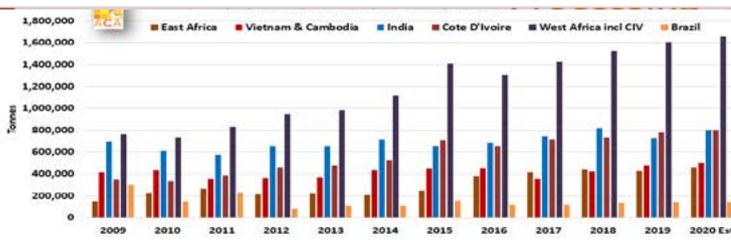
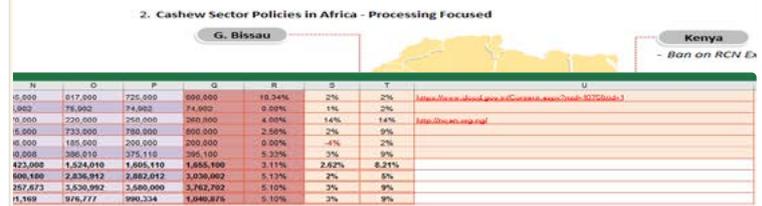
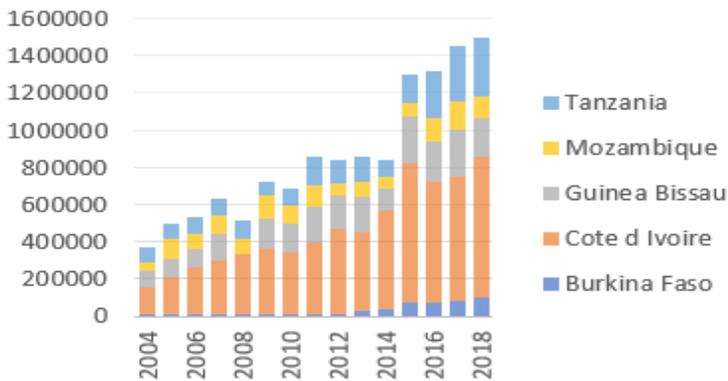
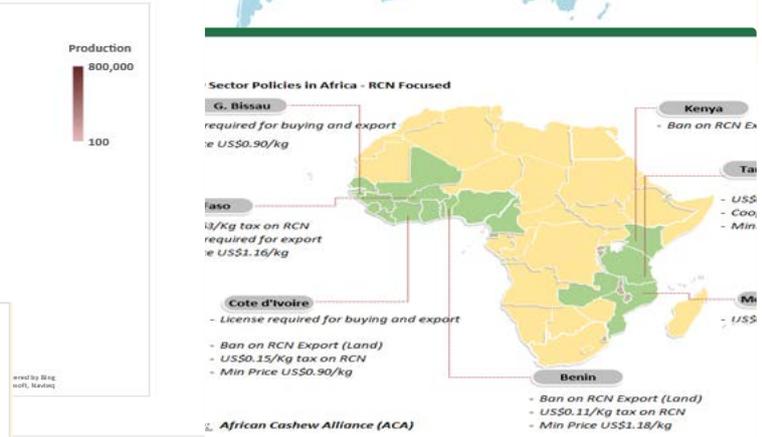
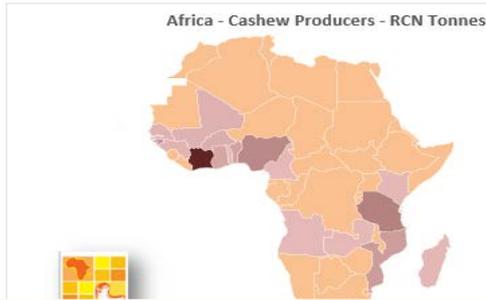
- Awe Djongmo V. 2016. Diversité floristique et stocks de carbone des plantations à anacardium occidentale (anacardiaceae) dans la région du nord Cameroun : cas de Ngong. Université de Ngaoundéré - Master recherche en biologie des organismes végétaux. 54p.
- Dixon RK 1995. Systèmes agroforestiers : sources ou puits de gaz à effet de serre ? Systèmes agroforestiers. 31 : 99-116.
- Dorvil W., 2010. Évaluation de la biomasse et des stocks de carbone sur des placettes forestières en forêts tropicales humides de Guadeloupe. Mémoire de master, université des Antilles et de Guyane, 45p.
- INSAE, 2016. Cahier des villages et quartiers de ville du département de la Donga (RGPH-4, 2013). 22p.
- Le Quéré, C., Andrew, RM, Canadell, JG, Sitch, S., Ivar Korsbakken, J., Peters, GP, ... Zaehle, S. (2016). Budget mondial du carbone 2016. Données scientifiques sur le système terrestre, 8(2), 605–649.<http://doi.org/10.5194/essd-8-605-2016>.
- MDGLAAT, 2017. Compilation des PDC, SAC et Monographie de première génération.<http://www.decentralisation-benin.org/spip/IMG/crire/spip.php?article=290> (31/08/2017).
- Montagnini F., Nair PKR 2004. Séquestration du carbone : un avantage environnemental sous-exploité des systèmes agroforestiers. Systèmes agroforestiers. 61 : 281-295.
- Muoghalu IJ, 2014. Vulnérabilité des systèmes biophysiques et socioéconomiques des savanes et formations boisées d'Afrique occidentale et centrale au changement climatique. Forum forestier africain. 2(14) 35 p.
- Noiha Noumi V., Zapfack L. et Mbade LF, 2015. Gestion de la biodiversité et dynamique végétale dans une agroforêt cacaoyère (Cameroun). Journal international des sciences des plantes et des sols, 6(2):101-108.
- Ouedraogo, WO, Gomgnimbou, APK, Santi, S., Ilboudo, D., Toguyeni, A., 2020. Quantification de la Biomasse et stockage du carbone du massif forestier de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts de Dindéresso province du Houet au Burkina Faso. Int. J.Bio. Chim. Sci 13, 3276–3288.<https://doi.org/10.4314/ijbcs.v13i7.24>
- Palm CA, woomer PL, alegre j., Arevalo L., castilla C., Cordeiro d. G., Feigl b., Hairiah K., Kotto-same J., mendes a., Moukam a., Murdiyasar D., Njomgang R., Parton WJ, Ricse a., Rodrigues V., Sitompul SM, Van noordwijk M. 2000. Carbon séquestration and trace gas emissions in slash-and-burn and alternative land uses in the humide tropics. Rapport final. Alternatives à Slash and Burn (ABS). Groupe de travail sur le changement climatique. Phase II. CIRAF. Nairobi. Kenya. 29 p.
- PRO-Cashew, 2022. Rapport de l'enquête d'estimation du rendement de l'anacarde au Bénin. 47p.
- Razafimbelo TM, 2011. Séquestration de carbone dans les agrosystèmes à Madagascar : Bilans et protection. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, université d'Antananarivo. 81p.
- Saïdou A., Dossa AFE, Gnanglè PC, Baloun I. et Aho N. 2012. Evaluation du stock de carbone dans les systèmes agroforestiers à karité (*Vitellaria paradoxa* CF Gaertn.) et à néré (*Parkia biglobosa* Jacq. G. Don) en zone Soudanienne du Bénin. TropicAgrif. 1-9.http://www.slire.net/download/1737/article_1_brab_nsp_cial_agric_for_t_2012_alioi_et_al_carbone-_karit_.pdf
- Saj S., Durot C., Mvondo-Sakouma K., Tayo Gamo K., Avana-Tientcheu ML, 2017. Contribution des arbres compagnons à la conservation à long terme des arbres, au stockage du carbone et à la durabilité de l'agroforesterie : une analyse fonctionnelle de la diversité dans les cacaoyères du Centre Cameroun. Revue internationale de durabilité agricole, 15(3): 282-302.
- Seghieri, J., 2019. Agroforesterie et services écosystémiques en zone tropicale. éditions Quae.<https://doi.org/10.35690/978-2-7592-3059-4>.
- Tayo Gamo KY, 2014. Dynamique de la biodiversité ligneuse et des stocks de carbone dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyer au centre Cameroun : cas de Ngomedzap. Mémoire d'Ingénieur des Eaux, Forêts et Chasses /Master professionnel en foresterie, Université de Dschang, 91p.
- Thiombiano ST, 2010. Contribution à la facilitation de l'accès des petits producteurs d'anacarde aux crédits carbone au Burkina Faso. Master en Génie Electrique 60 Energétique et Energies Renouvelables, Institut International d'ingénierie de l'eau et de l'environnement. 74p.
- Thiombiano ST, Weismann N., Peyrache R., 2011. Adaptation de l'outil exact et évaluation de l'empreinte carbone de la filière anacarde au Burkina Faso. 6ème édition de la journée scientifique du 2iE, université d'Ouagadougou au Burkina Faso. 4p.
- Tinlot M., 2010. Évaluation ex ante du bilan carbone des dynamiques de développement agricole et forestier. Mémoire d'Ingénieur agricole, Institut Supérieur d'Agriculture de Lille. 90p.
- Zapfack L., Noiha Noumi V., Dziedjou Kwouossu PJ, Zemagho L., Fomete NT, 2013. Déforestation et Stocks de Carbone aux Environs du Parc National de Lobéké (Cameroun) dans le Bassin du Congo. Environnement and Natural Resources Research, 3(2):78-86.

Cashew Barometer



More than 10 years Global & Country-level Cashew Data and Analysis

Latest Estimate Production	Value
Kenya	5,000
Madagascar	7,000
Mozambique	150,000
Tanzania	300,000
Zambia	700
Cameroon	100
Nigeria	260,000
Benin	120,000
Togo	10,000
Ghana	100,000
Cote D'Ivoire	800,000
Burkina Faso	60,000
Mali	40,000
Guinea Bissau	200,000
Senegal	30,000
Gambia	7,000
Guinea	25,000
Angola	400



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

This document has been reproduced with the support of the United States Department of Agriculture (USDA) through the USDA West Africa PRO-Cashew project.