

Etude des effets des conditions environnementales sur la performance des anacardières (*Anacardium occidentale* L., Anacardiaceae) élites de différentes origines au Burkina Faso (Afrique de l'Ouest)

Titre courant : Amélioration du rendement et de la qualité des noix brutes des anacardières en agroforesterie

Yacouba Noël COULIBALY^{1*}, Salfo OUEDRAOGO², Gérard ZOMBRE³

Résumé

La productivité des anacardières (*A. occidentale*) largement répandus dans les systèmes de production agricole reste faible et tributaire de la pluviométrie au Burkina Faso. L'objectif de cette recherche était d'étudier l'effet des conditions environnementales sur les paramètres de croissance au jeune âge des clones d'anacardières élites de différentes origines, afin de formuler des recommandations permettant d'augmenter la productivité de cette culture en agroforesterie. Des clones d'anacardières élites de différentes origines ont été utilisés dans des parcs à bois installés sur trois (3) différents sites. Le taux de survie, la hauteur et la biomasse totale mesurés étaient significativement plus élevés à Dano et étaient évalués respectivement à 65,667±3,72%, 75,611±2,83 cm et 6,308±0,36 g. Le taux de survie, la hauteur et la biomasse totale étaient significativement plus élevés respectivement pour les clones Diébougou (87,500±3,81%), Diakadougou (111,616±2,57 cm) et Diakadougou (7,724±0,53 g). Les paramètres mesurés ont aussi varié en fonction des sites pour chaque clone et en fonction des clones sur chaque site. Les anacardières sont sensibles aux conditions environnementales et les paramètres de croissance mesurés semblent être sous contrôle des facteurs génétiques. La sélection d'anacardières adaptés aux caractéristiques environnementales, notamment climatique et à partir du matériel végétal de chaque région de production, de même que le développement d'anacardières polyclonaux pourrait contribuer à améliorer la productivité de cette culture. Les paramètres mesurés pourraient être utilisés comme critères dans l'amélioration variétale des anacardières. Cette étude sera poursuivie afin de mieux maîtriser la production en noix des clones ainsi que les paramètres environnementaux.

Mots clés: agroforesterie, écophysiologie, changement climatique, cajou, prospection

Abstract

Study of the effects of environmental conditions on the performance of cashew (*Anacardium occidentale* L., Anacardiaceae) elites from different origins in Burkina Faso (West Africa)

Short title: Improving the yield and quality of cashew nuts in agroforestry

The productivity of cashews (*A. occidentale*) largely expanded in agricultural production systems remains low and depends on rainfall in Burkina Faso. The objective of this research was to study the effect of environmental conditions on growth performance of cashew elites clones of different origins at young stage, for formulating recommendations to increase this crop productivity in agroforestry. Clones of elites cashews from different origins were used in wood parks implemented at three (3) different sites. Survival rate, height and total biomass measured were significantly higher at Dano and were respectively 65,667±3,72%, 75,611±2,83 cm and 6,308±0,36 g. Survival rate, height and total biomass were significantly higher respectively for clones Diébougou (87,500±3,81%), Diakadougou (111,616±2,57 cm) and Diakadougou (7,724±0,53 g). Parameters measured also varied according to the sites for each clone and according to the clones at each site. Cashews are sensitive to environmental conditions and the growth parameters measured seem to be under genetic factors control., The selection of cashews adapted to the environmental characteristics, particularly climatic and from the cashew plant material of each region of production, as well as the development of polyclonal cashews could contribute to improve the productivity of this crop. Parameters measured could be used as criteria in variety improvement of cashews. Further research is required to better understand the nuts production of the clones as well as the environmental parameters.

Key words : agroforestry, ecophysiology, climate change, cajou, prospection

¹Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), station de recherches environnementales et agricoles de Farako-Bâ, 01 BP 910, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

²Projet d'Appui au Développement de l'Anacarde dans le bassin de la Comoé pour la Réduction des Emissions dues à la Déforestation et la Dégradation

des forêts (PADA-REDD+), 01 BP 337, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

³Université Joseph Ki-Zerbo, Ecole doctorale sciences et techniques, 03 BP 7021, Ouagadougou 03, Burkina Faso

*Auteur correspondant : email : yacoubacoulibaly2002@yahoo.fr et Tél : (00226)70432113

Introduction

L'agroforesterie à base d'anacardières, du fait de l'importance des prix d'achat des noix de cajou sur le marché international (Sarah, 2014), prend de l'importance dans les systèmes de production agricole au Burkina Faso (Belem, 2017). On estime à ce jour la superficie plantée en anacardier à environ 250 000 ha pour un rendement moyen en noix brutes de cajou de 354 kg/ha et une production de 85 000 tonnes au Burkina

Faso (Ricaud, 2019). Malgré une production en hausse du volume des noix, la contribution réelle de la filière anacarde à l'économie du Burkina Faso est encore mal connue à cause de l'inorganisation de la commercialisation et de la faible valorisation de la pomme de cajou (Somé, 2014). La noix de cajou est le troisième produit agricole d'exportation après le coton et le sésame avec des chiffres d'affaires de 99,56 milliards FCFA (151,5 millions €) en 2017 et 117,11

milliards FCFA (178 millions €) en 2018 (Ouédraogo *et al.*, 2022); pourtant la productivité des anacardiens reste faible au Burkina Faso avec un rendement moyen par arbre inférieur à 4 kg pour des densités moyennes de 100 pieds à l'hectare (Tarpaga *et al.*, 2020). Plusieurs facteurs expliquent cet état de fait dont l'absence de toute sélection variétale pour des visées agronomiques permettant le développement de matériel végétal d'anacardiens performant et l'utilisation des semences tout venant (Tarpaga *et al.*, 2020). La recherche de meilleurs arbres d'anacardiens avec une bonne productivité et qualité des noix pour constituer des têtes de clones à travers des prospections dans les vergers d'anacardiens, contribue à l'amélioration variétale de cette culture à travers une production accélérée d'arbres performants par voie végétative (Tarpaga *et al.*, 2020). Il est donc crucial de conduire des prospections dans les vergers d'anacardiens des différentes régions de production de la noix de cajou, afin d'identifier des têtes de clones pour une amélioration de la productivité et de la qualité des noix dans les systèmes de production de l'anacarde. Par ailleurs, la productivité des systèmes de production à anacardiens est largement tributaire de la pluviométrie au Burkina Faso, et sont donc vulnérables au changement climatique. Cependant, des résultats controversés ont été rapportés en ce qui concerne les effets du climat sur la productivité des anacardiens. Plusieurs auteurs ont rapporté que les anacardiens sont tolérants à la sécheresse du fait de leur aptitude à se développer même sur des terres dégradées (Bezerra *et al.*, 2008; Pitono *et al.*, 2015; Capelari *et al.*, 2021). Par contre, d'autres auteurs ont montré que les anacardiens sont sensibles à sécheresse (Oliveira *et al.*, 2006; Djenontin *et al.*, 2013; Grüter *et al.*, 2022). L'anacardier est reconnu comme sensible à la sécheresse du fait qu'il a été rapporté que cette culture ne développe pas les mêmes performances dans des conditions environnementales difficiles et favorables de croissance (Coulibaly, 2023). Dans le contexte du changement climatique, il est attendu une augmentation de la température avec une multiplication des événements climatiques extrêmes comme les sécheresses et les inondations avec les sécheresses plus intenses et fréquentes (Traore *et al.*, 2013). Il est donc nécessaire d'investiguer la sensibilité ou non des conditions environnementales sur la performance des anacardiens. L'objectif de cette recherche est d'étudier l'effet des conditions environnementales sur les paramètres de croissance au jeune âge des clones d'anacardiens élites de différentes origines qui ont été sélectionnés à la suite des prospections dans les vergers d'anacardiens de grande production, afin de formuler des recommandations permettant d'augmenter la productivité de cette culture en agroforesterie.

Matériel et méthodes

Description des sites

Des missions de prospection ont été conduites dans les régions du Sud-Ouest et du Centre-Ouest du Burkina Faso en vue de l'identification d'anacardiens (Figure 1). Ces deux régions sont marquées par un carré violet dans la Figure 1 ci-dessous.

Le Sud-Ouest est situé entre 10°67' et 12°11' de latitude nord et 2°84' et 5°49' de longitude ouest. Elle compte environ 884 producteurs, 2663 ha de production de noix de cajou conventionnelle et la productivité des anacardiens est estimée à 379 t/ha (UNPA, 2014). Notre étude a été conduite sur des sites situés dans la région du Sud-Ouest qui est caractérisé par des températures et précipitations moyennes annuelles

comprises entre 21 °C et 32 °C et 900 mm et 1200 mm respectivement (Belem, 2017). Dans la région du Sud-Ouest, les sols sont de type brun eutrophique tropical sur matériau argileux, ferrallitique désaturé sur matériau sablo-argileux et minéral hydromorphe (Belem, 2017). Le Centre-Ouest, compris entre 11° 45 nord et au 2° 15 ouest, a un climat caractérisé par des températures et précipitations moyennes annuelles respectivement de 37°C et entre 600 mm et 900 mm (Asimi, 2009). La région du Centre-Ouest totalise environ 884 producteurs, 2663 ha de production de noix de cajou conventionnelle et la productivité des anacardiens est estimée à 379 t/ha (UNPA, 2014). Les sols du Centre-Ouest sont de type ferrugineux tropicaux, brun eutrophique tropical à faible lixiviation et hydromorphe à faible teneur en humus (Asimi, 2009). Des semences polyclonales produites sur des sites situés dans le nord du Ghana, longitude -0.9056623 et latitude 9.5439269, ont été utilisés pendant l'expérimentation. Les sites de production de ces semences polyclonales sont caractérisés par des températures et précipitations moyennes annuelles respectivement de 28,87 °C et 49,53 mm et des sols de type sablonneux avec des teneurs faibles en argile et en nutriments (Friesen, 2002).



Matériel végétal

Les missions de prospection ont permis d'identifier conjointement avec les producteurs, les plantations d'anacardiens à grande production dans les régions du Sud-Ouest et du Centre-Ouest en 2013. Ces plantations retenues ont été suivies pendant cinq (5) ans, sur la base des critères agronomiques et morphologiques incluant l'évaluation du rendement en noix, de la qualité des noix, de l'état sanitaire de l'arbre, du port et de la forme de l'arbre, de l'âge de l'arbre, de la forme et la couleur des fruits. L'évaluation du rendement en noix des anacardiens s'est faite sur la base des informations obtenues auprès des producteurs, mais également, à partir de la collecte et la pesée des noix à l'aide d'une balance pendant la campagne de collecte des noix (de janvier à avril) sur les anacardiens élites. La balance utilisée dispose d'un crochet et peut peser jusqu'à 50 kg avec une précision de 200 g. Les noix produites par chaque arbre ont été récoltées, tous les dix (10) jours, pesées et stockées dans des sacs de jute numérotés. La production totale a été calculée par arbre à la fin des récoltes et un minimum de 22 kg/arbre était requis pour sélectionner l'arbre comme élite (Masawe, 2010).

Pour la détermination de la qualité des noix, une centaine de noix a été collectée sur chaque anacardier élite potentiel pour la caractérisation morphologique des noix. La qualité des noix a été appréciée à travers le nombre de noix pour un kilogramme, le poids moyen d'une noix qui doit être supérieur à 6 g et le taux de production d'amandes extraites (KOR) exprimé en

livres (1 lbs = 0,45359 kg) (Masawe, 2010).

L'appréciation de l'état sanitaire est fondée sur la présence ou non de dégâts dus aux parasites et insectes sur le tronc, les branches, les feuilles, les fleurs, les fruits et les amandes des arbres.

Le port et la forme de l'arbre ont été évalués à travers des observations sur les anacardiens et la mesure des paramètres dendrométriques. Pour ce faire, la hauteur et le diamètre du houppier ont été mesurés à l'aide d'un mètre ruban.

Sur la base de ces critères de sélection, en 2019, quatre (4) anacardiens élites ont été identifiés dans le Sud-Ouest et 4 autres dans le Centre-Ouest. Des clones d'anacardiens ont été produits en serre en juin 2020 avec des greffons issus des huit (8) anacardiens élites par greffage. Le semis direct a été utilisé pour produire des clones issus des semences polyclonales. Le tableau 1 ci-dessous présente les caractéristiques morphologiques et agronomiques des anacardiens retenus pour l'expérimentation.

Les porte-greffes d'anacardiens qui ont été utilisés pour le greffage ont été obtenus auprès du centre national des semences forestières du Burkina Faso. Des pots en plastique conventionnel contenant de la terre agricole ont été utilisés pour la production des clones. Les clones d'anacardiens produits ont été entretenus en pépinière et plantés dans les parcelles d'expérimentation deux (2) mois plus tard.

Tableau 1: Caractéristiques agronomiques et morphologiques des 08 anacardiens élites et de la semence polyclonale provenant du Ghana retenus pour l'expérimentation.

| Provenances | Taille (mm) | Poids (g) | KOR (lbs) | Rendement (kg/arbre) |
|-------------|-------------|-----------|-----------|----------------------|
| Diakadougou | 3 | 6 | 45 | 90,42 |
| Ouéssa | 2 | 5 | 44 | 86,58 |
| Nicéo | 2 | 5 | 44 | 84,25 |
| Ghana | 3 | 7 | 47 | 98,2 |
| Cassou | 3 | 5 | 46 | 60,34 |
| Fido | 2 | 6 | 45 | 62,8 |
| Diébougou | 2 | 5 | 43 | 82,6 |
| Kayero | 2 | 6 | 44 | 70,32 |
| Sapouy | 3 | 5 | 44 | 65,37 |

Dispositif expérimental et conduite de l'expérimentation

Le dispositif expérimental utilisé a consisté à implanter et délimiter deux (2) parcelles de 100 m x 100 m entièrement sécurisées avec des poteaux et des fils barbelés sur trois (3) différents sites de la région du Sud-Ouest incluant Dano, Diébougou et Kampti. Ces trois sites sont répartis dans trois (3) provinces du Sud-Ouest. Les clones d'anacardiens, produits en pépinière, ont été plantés au stade juvénile (02 mois après production en serre). Les trous étaient circulaires de dimension 50x50 cm et ont été creusés à des écartements de 10 m entre les lignes et entre les trous consécutifs. La densité conventionnelle de 100 pieds à l'hectare dans les vergers d'anacarde au semis a été respectée. Le rebouchage des trous dans les parcs à bois a eu lieu deux (2) semaines avant la plantation. Il a consisté à mettre la terre de surface arable au fond des trous d'abord et la terre rougeâtre pauvre en matière organique ensuite en plus de la terre agricole. Les clones produits ont été mis en terre en août 2020. Les plants mis en

terre n'ont pas fait l'objet d'application de bonnes pratiques d'entretien des vergers d'anacardiens après installation afin de refléter au mieux les conditions environnementales du milieu sur les plants et habitudes d'installation des vergers d'anacarde. Le tableau 2 présente le nombre de clone planté pour chaque anacardier élite et la semence polyclonale dans les parcelles d'expérimentation.

Tableau 2 : Distribution du nombre de clone pour chaque anacardier élite et la semence polyclonale dans les parcelles d'expérimentation de Dano, Diébougou et Kampti dans la région du Sud-Ouest

| Provenances | Dano | Diébougou | Kampti |
|-------------|------|-----------|--------|
| Ghana | 12 | 12 | 12 |
| Diakadougou | 11 | 11 | 11 |
| Nicéo | 11 | 11 | 11 |
| Ouéssa | 11 | 11 | 11 |
| Cassou | 11 | 11 | 11 |
| Fido | 11 | 11 | 11 |
| Diébougou | 11 | 11 | 11 |
| Kayero | 11 | 11 | 11 |
| Sapouy | 11 | 11 | 11 |
| Total | 100 | 100 | 100 |

NB : Ghana indique les clones produits à partir de la semence polyclonale provenant du Ghana. Diakadougou, Nicéo, Ouéssa et Diébougou indiquent les clones produits à partir des greffons issus d'arbres élites dans la région du Sud-Ouest et Cassou, Fido, Kayero et Sapouy indiquent les clones produits à partir des greffons issus d'arbres élites dans la région du Centre-Ouest.

Paramètres mesurés

Les paramètres mesurés étaient la biomasse totale, la hauteur et les taux de survie par clone quinze (15) mois après mise en terre des plants. La mesure de ces paramètres quinze (15) mois après semis permet de prendre en compte une saison sèche et une saison des pluies.

Les taux de survie ont été calculés en faisant la différence entre le nombre total de plants mis en terre et le nombre de plants morts divisé par le nombre total de plants mis en terre multiplié par 100.

Dans chaque parc à bois et pour chaque clone, trois (3) pieds ont été sélectionnés de façon aléatoire pour la mesure de la hauteur et de la biomasse sèche totale à la fin de l'expérimentation c'est-à-dire au bout des quinze (15) mois. La biomasse sèche totale a été mesurée en récoltant les tiges et les feuilles des pieds sélectionnés. Les tiges et les feuilles récoltées ont été séchées au soleil pendant un mois et pesées avec une balance électronique de précision (précision 0,1mg). La hauteur de la plante a été également mesurée sur les trois (3) pieds sélectionnés par clone avec une règle graduée et la moyenne des hauteurs a été calculée.

Analyse statistique

Le test ANOVA a été utilisé pour tester les effets sites, clones et leurs interactions sur le taux de survie, la hauteur et la biomasse sèche totale à l'aide du logiciel XLSTAT après vérification de la normalité des données. Lorsque les différences entre les moyennes étaient significatives avec ANOVA, elles étaient

séparées par le test de Student-Newman Keuls à 5%.

Résultats

Effets sites, clones et leurs interactions sur le taux de survie des anacardiens

Le taux de survie a été significativement plus élevé à Dano en comparaison aux deux autres sites (Figure 2a). Il a été significativement plus important pour les clones Diébougou, Diakadougou, Nicéo, Ouéssa et Ghana avec le plus grand taux de survie observé pour le clone Diébougou (Figure 2b). Il a été significativement plus élevé à Diébougou et Dano pour le clone Cassou, à Kampti pour le clone Diakadougou, à Dano pour le clone Diébougou, à Diébougou et Dano pour le clone Fido, à Dano pour le clone Ghana et à Diébougou pour les clones Kayero, Ouéssa et Sapouy (Figure 2c). Le taux de survie a été significativement plus élevé à Kampti pour les clones Nicéo et Diébougou, à Dano pour les clones Diébougou et Ghana et à Diébougou pour les clones Diébougou et Ouéssa (Figure 2c). Les résultats du test ANOVA sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Résultats du test ANOVA des effets sites, clones et leurs interactions sur le taux de survie des anacardiens

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|--------------|--------|------------------|--------------------|---------|-------------------|
| Sites | 2,000 | 249,148 | 124,574 | 9,475 | 0,001 |
| Clones | 8,000 | 11507,259 | 1438,407 | 109,400 | <0,0001 |
| Sites*Clones | 16,000 | 3061,185 | 191,324 | 14,551 | <0,0001 |

Significatif: P < 0,05 Très significatif: P < 0,01 Hautement significatif: P < 0,001

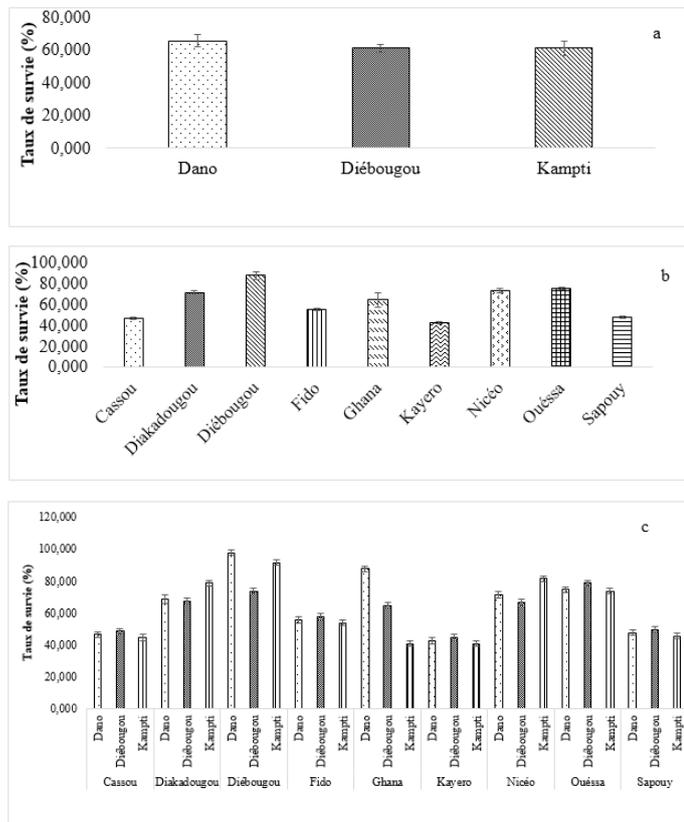


Figure 2: Variation du taux de survie des anacardiens en fonction des sites (a), clones (b) et de l'interaction des facteurs sites et clones (c)

Effets sites, clones et leurs interactions sur la biomasse des anacardiens

La biomasse a été significativement plus élevée à Dano en

comparaison aux deux autres sites (Figure 3a). Elle a été significativement plus élevée pour les clones Diébougou, Diakadougou, Ouéssa et Ghana avec la plus grande valeur de biomasse observée pour le clone Diakadougou (Figure 3b). La biomasse a été significativement plus élevée à Dano pour les clones Cassou, Diakadougou, Diébougou, Fido, Ghana, Kayero, Nicéo, Ouéssa et Sapouy. Elle a été significativement plus importante à Dano et Diébougou pour le clone Diakadougou, à Kampti pour les clones Diébougou, Diakadougou et Ouéssa (Figure 3c). Les résultats du test ANOVA sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Résultats du test ANOVA des effets sites, clones et leurs interactions sur la biomasse des anacardiens

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|--------------|--------|------------------|--------------------|--------|-------------------|
| Sites | 2,000 | 253,645 | 126,822 | 66,071 | <0,0001 |
| Clones | 8,000 | 652,507 | 81,563 | 42,492 | <0,0001 |
| Sites*Clones | 16,000 | 80,573 | 5,036 | 2,623 | 0,001 |

Significatif: P < 0,05 Très significatif: P < 0,01 Hautement significatif: P < 0,001

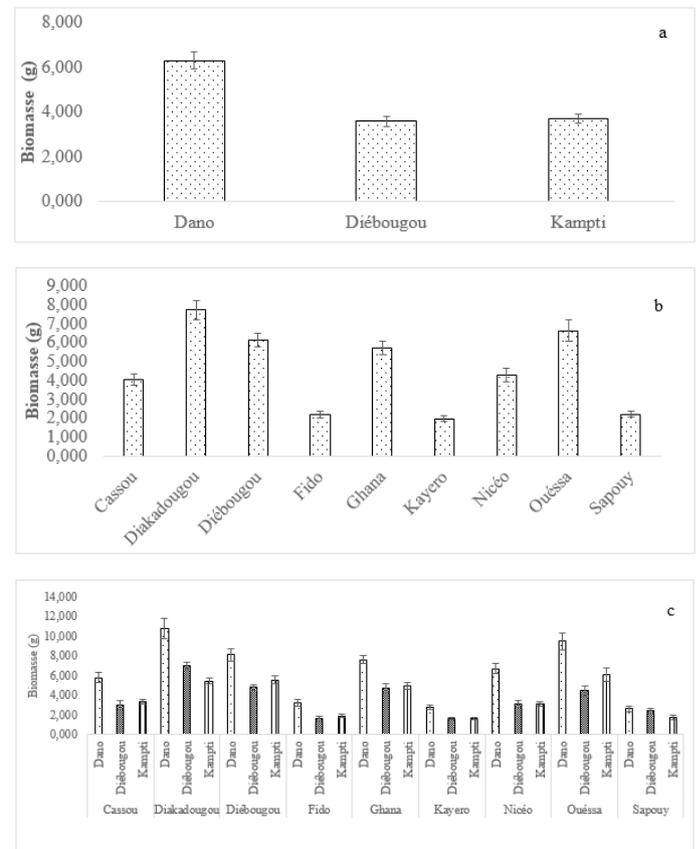


Figure 3: Variation de la biomasse des anacardiens en fonction des sites (a), clones (b) et de l'interaction des facteurs sites et clones (c)

Effets sites, clones et leurs interactions sur la hauteur des anacardiens

La hauteur a été significativement plus élevée à Dano en comparaison aux deux autres sites (Figure 4a). Elle a été significativement plus importante pour les clones Diébougou, Diakadougou, Ouéssa, Nicéo et Ghana avec la plus grande valeur de hauteur observée pour le clone Diakadougou (Figure 4b). La hauteur a été significativement plus élevée à Kampti pour le clone Cassou, à Dano pour le clone Diakadougou, à Kampti et Diébougou pour le clone Fido,

à Diébougou pour le clone Ghana, à Kampti pour le clone Kayero, à Dano pour le clone Nicéo, à Diébougou et Kampti pour le clone Ouéssa, à Diébougou et Dano pour le clone Sapouy et n'a pas significativement varié entre les sites pour le clone Diébougou (Figure 4c). La hauteur la plus importante a été observée pour le clone Diakadougou à Dano, pour les clones Diakadougou et Diébougou à Diébougou et pour les clones Diakadougou et Diébougou à Kampti (Figure 4c). Les résultats du test ANOVA sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Résultats du test ANOVA des effets sites, clones et leurs interactions sur la hauteur des anacardiers

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|--------------|--------|------------------|--------------------|---------|-------------------|
| Sites | 2,000 | 390,165 | 195,083 | 3,184 | 0,045 |
| Clones | 8,000 | 68932,222 | 8616,528 | 140,632 | <0,0001 |
| Sites*Clones | 16,000 | 4994,809 | 312,176 | 5,095 | <0,0001 |

Significatif: P < 0,05 Très significatif: = P < 0,01 Hautement significatif = P < 0,001

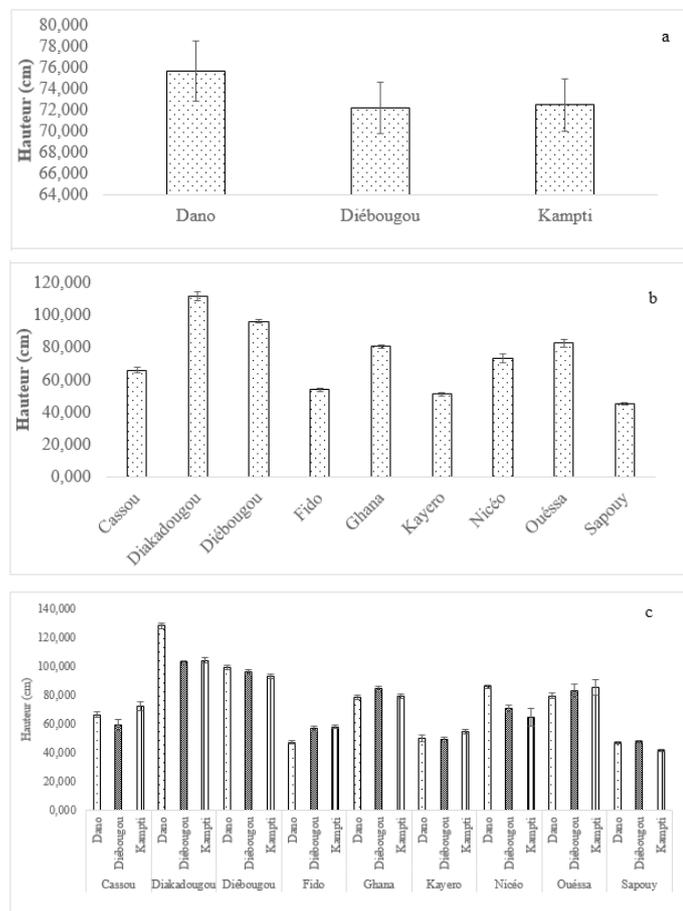


Figure 4: Variation de la hauteur des anacardiers en fonction des sites (a), clones (b) et de l'interaction des facteurs sites et clones (c)

Discussion

Le taux de survie, la hauteur et la biomasse totale sont tous des paramètres qui permettent d'apprécier la croissance et la performance des anacardiers au jeune âge. Djighaly *et al.*, (2021) ont utilisé ces paramètres pour identifier des provenances d'anacardiers performants en âge jeune dans les conditions de stress hydrique dans le contexte du changement climatique.

Les résultats de nos travaux ont montré que le taux de survie, la biomasse et la hauteur des anacardiers étaient significativement

plus élevés sur le site de Dano en comparaison aux deux autres sites. Cela démontre que globalement, les différentes provenances des anacardiers se sont mieux développées sur ce site en comparaison aux autres sites. En l'absence d'application de bonnes pratiques de production et d'entretien des plants comme recommandé dans la mise en place des vergers d'anacardiers (Boyce, 2010; Lara *et al.*, 2014), cette différence de performance observée dans la croissance des anacardiers entre les sites serait liée aux conditions environnementales. De nombreux travaux de recherche ont rapporté l'influence des facteurs environnementaux sur la croissance des anacardiers (Mbow *et al.*, 2009; Bambara *et al.*, 2013; Balogoun *et al.*, 2016; Bello *et al.*, 2017; Djighaly *et al.*, 2021; Grüter *et al.*, 2022). Ce résultat obtenu par notre étude est en contradiction avec Bezerra *et al.*, (2008); Capelari *et al.*, (2021) qui ont rapporté que les conditions environnementales n'affectent pas la performance des anacardiers. Oliveira *et al.*, (2006) et Bello *et al.*, (2017) ont rapporté que même si les anacardiers ont la capacité de se développer dans des environnements difficiles, leurs performances est réduite comparée à celle obtenue dans des conditions environnementales plus favorables à sa production.

Les résultats de nos travaux ont montré des performances différentes des paramètres de croissance mesuré en fonction des clones. Ce résultat est en accord avec Olubode *et al.*, (2018) qui ont rapporté une variabilité phénotypique et génotypique élevée chez les anacardiers. Les paramètres de croissance mesurés ont été important pour plusieurs clones incluant Diébougou, Diakadougou, Nicéo, Ouéssa et Ghana. Cela suggère que les paramètres de croissance mesurés sont sous le contrôle des facteurs génétiques et en conséquence ils peuvent être considérés comme des critères importants à prendre en compte dans la sélection de variétés de noix de cajou résilientes pour augmenter la production (Adu-Gyamfi *et al.*, 2021). Cependant, des travaux antérieurs réalisés par Adu-Gyamfi *et al.*, (2019) avaient rapporté que les paramètres de croissance chez les anacardiers étaient faiblement influencés par les facteurs génétiques. Les clones Diakadougou et Diébougou sont ceux qui ont présenté les meilleures performances des paramètres de croissance mesurés. A cet effet, la production en noix et leur qualité provenant de ces deux clones doit faire l'objet de suivi, car ces paramètres ont été reconnus comme étant sous contrôle génétique (Archak *et al.*, 2003; Cavalcanti *et al.*, 2007; Adu-Gyamfi *et al.*, 2020) et sont d'une grande importance sur le marché international de la noix de cajou (Adu-Gyamfi *et al.*, 2022).

Les paramètres de croissance mesurés chez les clones ont varié en fonction des sites. Aussi, sur chaque site, les paramètres de croissance mesurés ont été différents en fonction des clones. Ces résultats montrent que les paramètres de croissance chez l'anacardier sont sous contrôle de facteurs génétiques corroborant (Adu-Gyamfi *et al.*, 2019; Ndiaye, 2019; Adu-Gyamfi *et al.*, 2021; Djighaly *et al.*, 2021; Grüter *et al.*, 2022) et environnementaux (Oliveira *et al.*, 2006; Djenontin *et al.*, 2013; Grüter *et al.*, 2022; Coulibaly, 2023). Les paramètres de croissance mesurés chez les clones provenant de la région du centre ouest ont été faibles en comparaison des ceux observés chez les clones provenant de la région du sud-ouest. Ce résultat corrobore (Coulibaly, 2023) qui ont montré que la performance des anacardiers est réduite lorsque les conditions environnementales de croissance ne sont pas propices. Ce résultat indique également la nécessité de déterminer des clones d'anacardiers adaptés à chaque

contexte environnemental en utilisant du matériel végétal provenant du même contexte environnemental dans le cadre des recherches pour l'amélioration des anacardiens. Cependant, le clone Ghana issu des semences polyclonales provenant du Ghana a présenté de bonnes performances des paramètres de croissance mesurés. Cela pourrait être expliqué par le fait que les semences polyclonales intègrent plusieurs caractéristiques leur conférant la capacité de s'adapter à divers milieux (Tandjiekpon, 2005; Ndiaye, 2019). Au regard de ce résultat, une des options pour l'amélioration des anacardiens est le développement des anacardiens polyclonaux.

Conclusion

Les clones ont montré des performances de croissance différentes en fonction des sites, indiquant que les anacardiens sont sensibles aux conditions environnementales. Ces performances diffèrent en fonction de l'origine des clones, ce qui montre que les paramètres de croissance sont sous contrôle des facteurs génétiques et qu'ils pourraient être utilisés comme critères dans les améliorations variétales des anacardiens. Une variation des performances des paramètres de croissance mesurés a été observée en fonction des sites pour chaque clone, mais également en fonction des clones sur chaque site. Cependant, les clones issus des anacardiens de la région d'expérimentation ont présenté les meilleures performances de croissance. La pluviométrie, la température et les caractéristiques du sol sont des facteurs qui influencent la performance des anacardiens. La sélection d'anacardiens adaptés aux caractéristiques environnementales, notamment climatique et à partir du matériel végétal de chaque région de production, contribuerait à augmenter durablement la productivité des systèmes agroforestiers à anacardiens. Par ailleurs, le développement des semences polyclonales d'anacardiens contribuerait à l'amélioration de la productivité des systèmes agroforestiers à anacardiens dans le contexte du changement climatique.

Une des limitations des résultats de cette étude est qu'il n'a pas été possible de mesurer les paramètres environnementaux au cours de l'expérimentation sur les différents sites. La mesure de ces paramètres permettrait de savoir sur chaque site quel est le facteur environnemental qui influence la performance des clones et d'améliorer la formulation de nos recommandations. Aussi, le clone Diakadougou a présenté des performances plus intéressantes en ce qui concerne les paramètres de croissance mesurés. Cette étude sera poursuivie afin de mieux maîtriser la production en noix des clones ainsi que les paramètres environnementaux. Cela permettra de recommander des clones plus performants et les modes de gestion environnementaux à promouvoir pour chaque site afin de contribuer à l'amélioration de la productivité des anacardiens au Burkina Faso.

Remerciements

Nous tenons à remercier le « Projet d'Appui au Développement de l'Anacarde dans le bassin de la Comoé pour la Réduction des Émissions dues à la Déforestation et la Dégradation des forêts (PADA-REDD+) » pour le financement de cette activité de recherche. Nous tenons également à remercier les experts impliqués dans la mise en œuvre du projet PADA-REDD+ pour leurs précieuses contributions à la collecte de données de cette activité de recherche. Nous remercions le Centre de Recherches pour le Développement International du Canada (CRDI) pour le financement des frais de publication de ce

manuscrit à travers le projet FONRID_AFEC dont il a financé en collaboration avec le Fonds National de la Recherche et de l'Innovation pour le Développement (FONRID) et African Centre for Technology Studies (ACTS).

Références

- Adu-Gyamfi P.K.K., Barnnor M., Akpertey A. and 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.K., Akpertey A., Barnnor M., Ofori A. and Padi F. (2020). Genotypic characterization of cashew (*Anacardium occidentale* L.) clones using agro-morphological traits. *Plant-Environment Interactions*, 1(3), 196-206.
- Adu-Gyamfi P.K.K., Barnnor M., Akpertey A., Dadzie A.M., Anyomi E., Osei-Akoto S. and Padi F. (2021). Broadening the Gene Pool of Cashew (*Anacardium occidentale* L.) for Survival and Precocity. *Agricultural Research*, 10, 613 - 625.
- Adu-Gyamfi P.K.K., Dadzie A.M., Barnnor M., Akpertey A., Alfred Arthur A., Osei-Akoto S., Ofori A. and Padi F. (2019). Genetic variability and trait association studies in cashew (*Anacardium occidentale* L.). *Scientia Horticulturae*, 255, 108-114.
- Archak S., Gaikwad A., Gautam D., Rao E.V., Swamy K.R. and Karihaloo J. (2003). Comparative assessment of DNA fingerprinting techniques (RAPD, ISSR and AFLP) for genetic analysis of cashew (*Anacardium occidentale* L.) accessions of India. *Genome*, 46, 362-369.
- Asimi S. (2009). Influence des modes de gestion de la fertilité des sols sur l'activité microbienne dans un système de cultures de longue durée au Burkina Faso. Thèse de doctorat d'état ès-sciences naturelles, université polytechnique de Bobo Dioulasso, 215p.
- Balogoun I., Ahoton E.L., Saïdou A., Bello O.D., Ezin V. and al. (2016). Effect of Climatic Factors on Cashew (*Anacardium occidentale* L.) Productivity in Benin (West Africa). *Journal of Earth Science and Climatic Change*, 7(1), 1-11.
- Bambara D., Bilgo A., Hien E., Masse D., Thiombiano A. and Hien V. (2013). Perceptions paysannes des changements climatiques et leurs conséquences socio environnementales à Tougou et Donsin. *Climats sahéliens et sahélo-soudanien du Burkina Faso. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, 74(1), 8-16.
- Belem B.C.D. (2017). Analyse des déterminants de l'adoption des bonnes pratiques de production de l'anacarde au Burkina Faso. *Mémoire de Maîtrise, Université de Laval*, 93p.
- Bello D.O., Ahoton I.E., Saidou A., Akponikpè I.P.B., Ezin V.A., Balogoun I. and 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.
- Bezerra M.A., Claudivan F.L., Filho E.G., Carlos E.B.A. and José T.P. (2008). Physiology of cashew plants grown under adverse conditions. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(4), 449-461.
- Boyce S. (2010). It takes a stewardship village: Effect of

- volunteer tree stewardship on urban street tree mortality rates. *Cities and the Environment* 3.
- Capelari É.F., Dos Anjos L., Rodrigues N.F., Sousa R.M.J., Silvera J.A.G. and Margis R. (2021). Transcriptional profiling and physiological responses reveal new insights into drought tolerance in a semiarid adapted species, *Anacardium occidentale* L. *Plant Biology*, 23(6), 1074-1085.
- Cavalcanti J.J.V., de Resende M.D.V., Crisóstomo J.R. and de Paiva J. (2007). Genetic control of quantitative traits and hybrid breeding strategies for cashew improvement. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 7, 186– 195.
- Coulibaly Y.N. (2023). Investigating the Effects of Drought on *Anacardium occidentale* L. (Cashew) and Adaptation Options to Climate Change in Burkina Faso (West Africa): A Review. *Asian Research Journal of Agriculture*, 16(3), 32-40.
- Djenontin A.A.M. (2013). Farmers perception on climatic factors affecting cashew productivity in the district of Djougou in Benin, Bachelor thesis, Abomey-Calavi, 82p.
- Djighaly P.I., Ndiaye S., Dieme J.S., Dieng F., Gueye M., Zazou A.Z. and al. (2021). Comparative study of drought stress tolerance of four provenances of *Anacardium Occidentale* L. grown under semi controlled conditions. *International Journal of Agriculture, Environment and Bioresearch*, 06(03), 245-256.
- Friesen J. (2002). Spatio-temporal Rainfall Patterns in Northern Ghana. Diploma thesis, 81p.
- Grüter R., Trachsel T., Laube P. and Jaisli I. (2022). Expected global suitability of coffee, cashew and avocado due to climate change. *PLoS One*, 17(1), 1-24.
- INSD. (2011). Statistical Yearbook of Burkina Faso National Institute of Statistic and Demography, 424p.
- Lara A., Romana B., John J., Battles A., Joe R. and Bridea Mc. (2014). Determinants of establishment survival for residential trees in Sacramento County, CA. *Landscape and Urban Planning*, 129, 22–31.
- Masawe P.A.L. (2010). Consultancy Report on Cashew Improvement Programme for Selected West African Countries (Benin, Burkina and Côte d'Ivoire), GIZ/iCA, Accra, 54p.
- Mbow A.F.B., Diop S.S., Tounkara A., Gueye B. and Seck M.L. (2009). Changements climatiques : entre résilience et résistance. *Agridape*, 24(4), 4-5.
- Ndiaye S. (2019). New Techniques and Research To Improve and Enhance Production in the Sahel Region (grafting, polyclonal seeds, etc.). Forum sur le Cajou Sahélien (FOCAS), Bamako, Mali.
- Oliveira V.H., Miranda F.R., Lima R.N. and Cavalcante R.R.R. (2006). Effect of irrigation frequency on cashew nut yield in Northeast Brazil. *Scientia Horticulturae*, 108(4), 403-407.
- Olubode O.O., Joseph-Adekunle T.T., Hamed L.A. and Olaiya A.O. (2018). Evaluation of production practices and yield enhancing techniques on productivity of cashew (*Anacardium occidentale* L.). *Fruits*, 73(2), 75–100.
- Ouédraogo S., Guira M., Tarpaga W.V., Ki L., Golane/Saki V., Kiema S., Ouédraogo L., Pizongo J.C., Hiéma F.D. (2022). Evaluation de la qualité des noix de cajou dans la région des Cascades au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 16(6), 2785-2803.
- Pitono J. and al. (2015). Water Transport and Growth of Cashew (*Anacardium Occidentale* L.) Under Soil Mechanical Impedance. *Industrial Crops Research Journal*, 21(3), 117-124.
- Ricau P. (2019). The West African cashew sector in 2018: General trends and country profiles. *Nitidae*, 30p.
- Sarah A. (2014). Systèmes d'innovation et territoires : un jeu d'interactions ; les exemples de l'anacarde et du jatropha dans le sud-ouest du Burkina Faso. Thèse de doctorat Université Panthéon-Sorbonne - Paris I, 417p.
- Somé LFMC. (2014). Analyse socio-économique des systèmes de production d'anacarde au Burkina Faso : cas des régions des Cascades et des Hauts-Bassins. Mémoire du diplôme d'ingénieur du développement rural Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 66p.
- Tandjiekpon A. (2005). Characterisation of a cashew-based agroforestry systems in savannah zone of Benin. Master thesis, 104p.
- Traore S., Owiyo T. (2013). Dirty droughts causing loss and damage in Northern Burkina Faso. *International Journal of Global Warming*, 5, 498-513.
- Tarpaga W.V., Bourgo L., Guira M. and Rouamba A. (2020). Caractérisation agromorphologique d'anacardiers (*Anacardium occidentale* L.) en sélection pour le haut rendement et la qualité supérieure de noix brute au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14(9), 3188-3199.
- UNPA/BF. (2014). Base de données des producteurs/trices affilié(e)s pour les années 2011 à 2013.