

Comparaison morphométrique des semences de quatre espèces du genre *Adansonia* : cas de *Adansonia digitata* L., *Adansonia grandidieri* Baill., *Adansonia za* Baill. et *Adansonia rubrostipa* Jum. & H. Perrier au Centre National de Recherches Forestières (Sénégal)

Mame Arona Thiaw

Centre National de Recherches Forestières (CNRF), Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), Route des Pères Mariste, Parc Forestier de Hann-Dakar, Sénégal

Maimouna Konte

Centre National de Recherches Forestières (CNRF), Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), Route des Pères Mariste, Parc Forestier de Hann-Dakar, Sénégal

Laboratoire d'Agroforesterie Ecologie et Adaptation (AFECA),
Département de Biologie Végétale, UFR ST, Université Cheikh Anta DIOP de Dakar, Sénégal

Tamsir Mbaye

Marième Fall Ba

Dioumacor Fall

Penda Diop

Moussa Ndiaye

Ababacar Ndiaye

Centre National de Recherches Forestières (CNRF), Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), Route des Pères Mariste, Parc Forestier de Hann-Dakar, Sénégal

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n36p62](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p62)

Submitted: 07 November 2024

Accepted: 22 December 2024

Published: 31 December 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Thiaw M.A., Konte M., Mbaye T., Ba M.F., Fall D., Diop P., Ndiaye M. & Ndiaye A. (2024). *Comparaison morphométrique des semences de quatre espèces du genre Adansonia : cas de Adansonia digitata L., Adansonia grandidieri Baill., Adansonia za Baill. et Adansonia rubrostipa Jum. & H. Perrier au Centre National de Recherches Forestières (Sénégal)*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (36), 62. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p62>

Résumé

Le genre *Adansonia* est composé de huit (8) espèces de baobab qui déclinent drastiquement et de manière continue. Pour pallier cette situation, la recherche a accordé une priorité au rajeunissement des populations qui passe par la maîtrise de la semence. Dans cette étude mener au Centre National de Recherches Forestières du Sénégal, la variabilité morphométrique des semences, faiblement explorée, est adressée. L'étude a pour objectif général de faire une comparaison des paramètres morphométriques des semences de quatre espèces dont trois de provenance malgache (*Adansonia za*, *Adansonia rubrostipa* et *Adansonia grandidieri*) et une locale sénégalaise (*Adansonia digitata*). Spécifiquement, il s'est agi de comparer les masses, longueurs, largeurs et épaisseurs des graines. La caractérisation a été effectuée sur un échantillon de 100 graines de chaque espèce. La masse a été déterminée à l'aide d'une balance de précision tandis que la longueur, la largeur et l'épaisseur ont été déterminées à l'aide d'un pied à coulisse. Les analyses de la variance (ANOVA) ainsi que les modèles généralisés ont été effectués indiquant des différences fortement significatives entre les espèces. Néanmoins, les semences d'*A. digitata* et d'*A. za* montrent des similitudes en masse et longueur, tandis qu'*A. rubrostipa*, *A. za* et *A. digitata* partagent des similarités en épaisseur. *A. grandidieri* possède les moyennes les plus élevées pour toutes les mesures par rapport à *A. digitata*. Des corrélations positives ont été observées entre la masse et les dimensions des graines. Les résultats suggèrent que les semences d'*A. digitata*, plus petites et moins lourdes, reflètent l'adaptation à leurs conditions climatiques mais sont restées plus proches des semences de *A. za*. Pour l'avenir, il serait important d'étudier la germination et la croissance afin d'identifier celles les plus adaptées aux conditions bioclimatiques du Sénégal.

Mots-clés: Baobab, Semences, Variabilité, Similitudes, Morphométrie

Morphometric comparison of seeds of four species of the genus *Adansonia*: the case of *Adansonia digitata* L., *Adansonia grandidieri* Baill, *Adansonia za* Baill, and *Adansonia rubrostipa* Jum. & H. Perrier at the National Forest Research Centre (Senegal)

Mame Arona Thiaw

Centre National de Recherches Forestières (CNRF), Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), Route des Pères Mariste, Parc Forestier de Hann-Dakar, Sénégal

Maimouna Konte

Centre National de Recherches Forestières (CNRF), Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), Route des Pères Mariste, Parc Forestier de Hann-Dakar, Sénégal

Laboratoire d'Agroforesterie Ecologie et Adaptation (AFECA),
Département de Biologie Végétale, UFR ST, Université Cheikh Anta DIOP
de Dakar, Sénégal

Tamsir Mbaye

Marième Fall Ba

Dioumacor Fall

Penda Diop

Moussa Ndiaye

Ababacar Ndiaye

Centre National de Recherches Forestières (CNRF), Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), Route des Pères Mariste, Parc Forestier de Hann-Dakar, Sénégal

Abstract

The genus *Adansonia* is made up of eight (8) species of baobab which are in drastic and continuous decline. To remedy this situation, research has prioritised the rejuvenation of populations through seed control. In this study, the morphometric variability of seeds, which has been little explored, is addressed. The general aim of the study is to compare the morphometric parameters of the seeds of four species, three of which are from Madagascar (*Adansonia za*, *Adansonia rubrostipa*, and *Adansonia grandidieri*) and one from Senegal (*Adansonia digitata*). Specifically, the masses, lengths, widths, and thicknesses of the seeds were compared. Characterization was carried out on a sample of 100 seeds of each species. Mass was determined using a precision balance, while length, width, and thickness were determined using a caliper. Analysis of variance (ANOVA) and generalized linear models (GLM)

were performed indicating highly significant differences between species. Nevertheless, the seeds of *A. digitata* and *A. za* show similarities in mass and length, while *A. rubrostipa*, *A. za*, and *A. digitata* share similarities in thickness. *A. grandidieri* has the highest means for all measurements compared to *A. digitata*. Positive correlations were observed between seed mass and dimensions. The results suggest that the smaller and lighter seeds of *A. digitata* reflect adaptation to their climatic conditions but remain closer to the seeds of *A. za*. In the future, it would be important to study germination and growth to identify those best adapted to the bioclimatic conditions of Senegal.

Keywords: Baobab, Seeds, Variability, Similarities, Morphometric

Introduction

Les produits forestiers jouent un rôle important dans la vie socio-économique et culturelle en Afrique. Parmi ces derniers, il y a ceux du baobab, l'une des espèces ligneuses à usages multiples les plus importantes au Sénégal, grâce à son caractère nourricier (Ndour & Gaye, 1995). Arbre sacré, le baobab est l'un des arbres les plus utiles du Sahel, ce qui lui vaut traditionnellement la protection et la vénération de la population (Davo et al., 2021). Il est susceptible d'usages multiples et diversifiés sans compter son caractère sacré et les nombreuses croyances associées (Savard, 2003); (Davo et al., 2021). Pour Sidibe et al. (1994), aucune plante n'est aussi bénéfique que le baobab en Afrique de l'Ouest (Sidibe et al., 1994). Il existe huit (8) espèces de baobab dont une (1) originaire d'Afrique continentale (*A. digitata*), six (6) endémiques de Madagascar (*A. grandidieri*, *A. za*, *A. rubrostipa*, *Adansonia madagascariensis*, *Adansonia perrieri*, *Adansonia suarezensis*) et une (1) endémique du nord de l'Australie (*Adansonia gregorii*), (Wickens et Loupe, 2008). Les différentes espèces fruitières forestières comme le baobab, sont extrêmement importantes pour l'Homme et les animaux. En effet, leurs fruits, leurs graines, leurs feuilles, leurs écorces et bois sont très appréciés par les communautés rurales et de plus en plus par celles urbaines (Mbaye et al., 2021a ; Patrut et al., 2016). Le baobab est déclaré dixième légume-feuille traditionnel le plus consommé au Sénégal (Ndiaye et al., 2003). Cependant, les populations souffrent de la très faible régénération naturelle observée. Cette quasi-absence de régénération est attribuée à l'intensification de l'agriculture, à la multiplication des feux de brousse, au développement des pâturages et à la surexploitation, en particulier des feuilles (Kouyate & Lamien, 2011) et les graines de ses fruits qui sont souvent commercialisées. Toutefois, les graines entre dans la production d'huile à usage cosmétique (Mbaye et al., 2021a). Des études récentes indiquent l'impact de la valorisation de la graine avec l'huile et le café obtenus (Mbaye et al., 2021a ;

Mbaye et al., 2021b). Ainsi les critères de la Liste rouge de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN, 2016) classe *A. perrieri* « en danger critique d'extinction » (UICN, 2019), *A. suarezensis* « en danger », *A. grandidieri* « en voie de disparition » (Ravaomanalina et Razafimanahaka, 2016), *A. madagascariensis* « quasi menacé » *A. rubrostipa*, *A. digitata*, *A. za* et *A. gregorii* en « préoccupation mineure » (UICN, 2019). La dureté du tégument des graines de baobab induit une dormance mécanique, un facteur qui contribue à la faible régénération de l'espèce. En effet, les graines de baobab mettent naturellement beaucoup de temps à germer et, lorsqu'elles sont semées sans traitement préalable, la germination peut être inférieure à 20 % (Danthu et al., 1995). L'importance écologique et les multiples biens et services écosystémiques fournis par l'espèce ont poussé plusieurs structures et organisations à se pencher sur le baobab. Les consultations régionales organisées par le Centre International pour les Cultures Sous-utilisées (ICUC) ont accordé la priorité à l'amélioration de la recherche et du développement du baobab (Sidibe & Williams, 2002). Ainsi, les travaux de Mbaye et al. (2020), Mbaye et al. (2019), Cissé (2015), Bationo et al. (2009), Ndiaye et al. (2003), Danthu et Soloviev (2000) et Danthu et al. (1995) ont été effectuées pour (i) lutter contre la mortalité des individus, (ii) trouver des solutions afin de réhabiliter les peuplements dans les écosystèmes naturels, (iii) résoudre le problème de la régénération naturelle. Plusieurs études ont aussi été menées pour étudier la composition physico chimique des graines et leurs contributions à l'alimentation et la santé humaine, etc. Parmi ces études, nous pouvons citer celles de Asogwa et al. (2021) sur le rôle du baobab africain dans l'amélioration de la nutrition, de la santé et de l'environnement ; Silva et al. (2021) sur l'accumulation d'acide phytique dans les plantes et la régulation de la voie de biosynthèse et rôle dans l'alimentation humaine ; Offiah *et Falade*. (2023) sur le potentiel du baobab dans les systèmes alimentaires. La cohabitation ancienne entre les hommes et les baobabs a permis de disposer de connaissances empiriques très pointues sur les caractéristiques des individus mais limitées pour la caractérisation des espèces. La couleur de l'écorce (noire, rouge ou blanche), le goût de la pulpe (acide, fade, sucré, non sucré, etc), la couleur des feuilles, la forme du houppier, l'envergure de l'arbre ou la forme des capsules sont les principaux critères retenus (Assogbadio et al., 2005). Afin de décrire la variabilité de la population de baobab existant en zone urbaine dans la région de Ziguinchor (Sénégal), Dieng (2022) a utilisé la dendrométrie (hauteur et circonférence). Kehlenbeck et al. (2015) sont allés plus loin avec le descripteur du CGIAR tandis que Kouyaté *et Lamien*. (2011) ont utilisé la longueur du pédoncule des fruits, la longueur, la largeur et le nombre de lobes des feuilles. Toutefois, le monde scientifique peine à expliquer les connaissances endogènes de la caractérisation traditionnelle alors que l'étude du matériel génétique laisse un

gouffre entre la diploïdie et la tétraploïdie de *A. digitata*. En effet, les études sur les aspects génétiques ont montré que les chromosomes du baobab *A. digitata* sont petits, difficiles à décompter et à étudier. Les travaux de Baum et Oginuma (1994) et Cron et al. (2016) suggèrent que toutes les espèces de baobabs malgaches et l'espèce australienne sont diploïde ($2n = 88$), tandis que *A. digitata* semble être tétraploïde ($2n = 160-166$). De manière générale, la bibliographie révèle une insuffisance d'informations sur sa variabilité morphologique et sa diversité génétique (Assogbadio et al., 2005). Si pour les espèces endémiques malgaches et l'espèce australienne le nombre de chromosome est bien établi, la carte chromosomique chez *A. digitata* n'est toujours pas établie au moment où les pistes de réflexion sur la capacité d'adaptation des espèces endémiques malgaches en Afrique continentale plus particulièrement au Sénégal sont peu nombreuses. C'est dans ce sens que cette étude portant sur l'amélioration des connaissances scientifiques sur la variabilité morpho-métrique des semences de trois des espèces malgaches (*A. za*, *A. rubrostipa* et *A. grandidieri*) et comparées à celles de l'espèce *A. digitata*. Elle se veut un point de départ sur un processus de recherche sur le choix de l'espèce malgache la plus adaptée aux conditions pédoclimatiques du Sénégal. A terme, l'espèce discriminée positivement sera introduite afin d'améliorer la diversité des peuplements de baobab, la régénération voire la qualité des Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) tirés du baobab. Ainsi, cette étude dont l'objectif général est de faire la comparaison des paramètres morpho-métriques des semences des quatre espèces de baobab repose sur un objectif spécifique qui est de déceler l'existence de similitudes entre les paramètres morpho-métriques des semences (masse, longueur, largeur et épaisseur). Ainsi, l'étude repose sur une hypothèse : les paramètres morpho-métrique des semences de l'espèce *A. digitata* présentent des similitudes avec au moins une des trois espèces malgaches.

Matériel et méthodes

Site d'étude

L'étude a été menée dans la commune de Hann Bel-Air, de la région de Dakar au Sénégal plus précisément au niveau de la pépinière du Centre National de Recherches Forestières (CNRF) qui est le département en charge de la recherche forestière de l'Institut Sénégalais de Recherche Agricole (ISRA). Le CNRF est situé entre la latitude 14°43'35" nord et la longitude 17°26'12" ouest à Dakar sur la route des Pères Maristes. La commune de Hann Bel-Air appartient au domaine sahélien côtier (isohyète 100-500 mm). Ce domaine est divisé en deux grandes saisons : la saison des pluies et la saison sèche avec deux grands flux commandés essentiellement par les anticyclones des Açores et de Sainte Hélène (Thiaw et al., 2022 ; Thiaw et al., 2021). L'Alizé maritime est un vent frais et humide soufflant en grande partie pendant

la saison sèche et alimenté par l'anticyclone des Açores. En saison des pluies, l'anticyclone de Sainte-Hélène émet le flux de la mousson. La température moyenne fluctue entre 20 et 30°C (Thiaw et al., 2022 ; Thiaw et al., 2021).

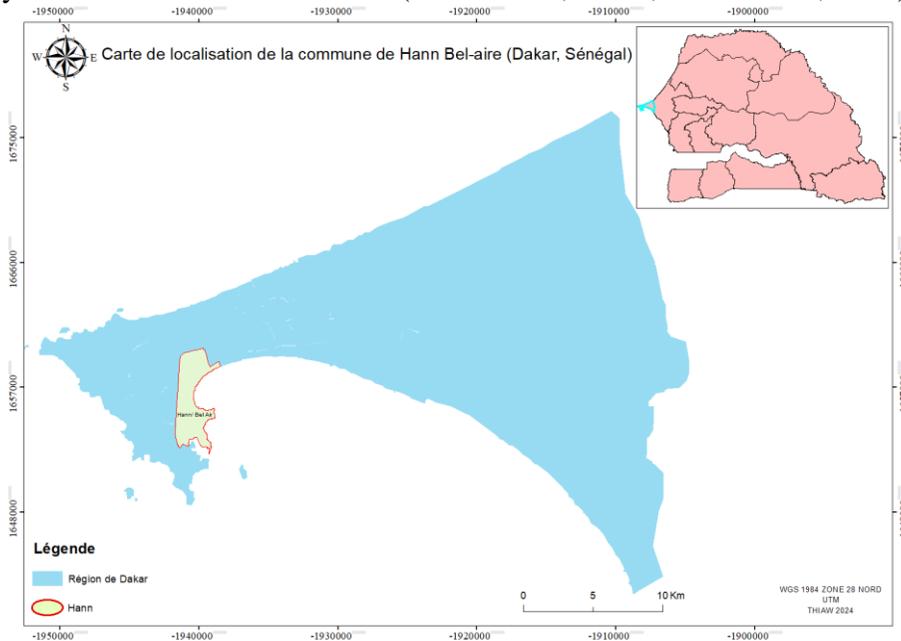


Figure 1 : Carte de localisation de la commune de Hann Bel-Air

Matériel biologique et provenance

Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé lors de cette étude est composé de lots de 100 grammes de chacune des espèces (*A. digitata*, *A. grandidieri*, *A. za* et *A. rubrostipa*) dans lesquels les échantillons de graines ont été pris. Les semences d' *A. digitata* sont issues de la collection du CNRF et ont été récoltées dans la région de Sédhiou au sud du Sénégal. Tandis que celles de *A. grandidieri*, *A. za* et *A. rubrostipa* proviennent de la collection du Silo National des Graines Forestières de Madagascar (SNGF) et sont récoltées respectivement dans les localités de Andrakodavaka, Marofandilia et Morondava.

Conditions climatiques des zones de provenance

Sédhiou

La région de Sédhiou est située au sud du Sénégal et s'étend sur une superficie de 7330 km² (ANSD, 2017). Elle est limitée au Nord par la Gambie, au Sud par la Guinée, à l'Est par la région de Kolda et à l'Ouest par celle de Ziguinchor. Le climat y est de type soudano-guinéen caractérisé par l'alternance d'une saison sèche de novembre à mai et d'une saison pluvieuse allant de mai à octobre (Mbaye et al., 2014). Les moyennes pluviométriques

annuelles varient entre 800 et 1600 mm de 1985 à 2015 (Mbaye et al., 2019). Les températures sont basses et offrent un climat doux entre décembre et janvier (25 à 30°C) tandis que les températures les plus élevées sont enregistrées entre mars et septembre (30 à 40°C) (ANSD, 2017).

Andrakodavaka

La ville d'Andrakodavaka est localisée entre 19°40'60" S et 47°0'0" E à 2133 m d'altitude dans la région de Vakinankaratra (CREAM, 2013). Elle s'étend sur 17 496 Km² avec un relief formé de hauts plateaux, de collines plus ou moins escarpées et de massifs volcaniques. Elle fait partie des hautes terres dominées par des sols volcaniques à cause de l'activité volcanique du néogène/quatenaire. Le climat de type tropical offre deux principales saisons tout au long de l'année (CREAM, 2013) : une saison pluvieuse moyennement chaude de novembre à mars et une saison sèche relativement fraîche d'avril à octobre. Le climat est caractérisé par une température moyenne annuelle inférieure ou égale à 20° C. La moyenne annuelle des pluies est de 1505,9 mm en 109 jours (CREAM, 2013).

Marofandilia et Morondava

Marofandilia et Morondava appartiennent au district de Morondava situé dans la région de Menabe. Avec une superficie de 5115 km², le district de Morondava est limité par les districts de Mahabo à l'est, de Belo au nord, de Manja au sud et par le canal de Mozambique à l'ouest (Andriamanalina, 2021). Son climat de type tropical (Andriamanalina, 2021) est caractérisé par deux saisons bien marquées : une saison pluvieuse chaude de 5 mois (novembre à mars) et une saison sèche de 7 mois (avril et octobre). Les relevés météorologiques de la station de Morondava (altitude 7 m) donnent une température moyenne annuelle de 24,7°C (Tache, 1994) et des précipitations moyenne sur la période 1901-1993 de 767 mm/an (Tache, 1994).

Conduite de l'étude

Pour mener l'étude sur la variabilité morpho-métrique des semences de ces quatre espèces de baobab, un échantillonnage aléatoire est effectué sur des lots de 100 g de semences de chaque espèce. Un tirage au hasard sans remise est effectué sur chaque lot à raison de vingt (20) sorties répétées cinq (5) fois soit un total de cent (100) sorties pour les 5 répétitions. Au total, 100 graines pour chaque espèce et un total de 400 graines pour tout l'essai. Sur chaque graine, un pied à coulisse digital a été utilisé pour mesurer sa longueur (mm) suivant le grand axe de la graine, la largeur (mm) suivant le petit axe de la graine, et l'épaisseur ou profondeur de la graine (mm) à la limite de l'axe perpendiculaire entre la longueur et la largeur de la graine. La masse de chaque graine a été déterminée à l'aide d'une balance de précision (Kern EMB) d'une

sensibilité de 0,001g. Les graines ont été mesuré et pesé pour ressortir la variabilité intra et inter spécifique des paramètres de taille et de poids chez les baobabs.

Traitement et analyse des données

L'analyse des données repose d'abord sur les statistiques descriptives à la suite de leur collecte et saisie sur un tableur Excel. En l'absence de normalité et d'homoscédasticité des données déduites des tests de Shapiro-Wilk et de Bartlett (Shapiro et Wilk, 1965 ; Bartlett, 1937 ; Royston, 1982), le test non paramétrique de comparaison de Kruskal-Wallis a été utilisé sur les paramètres morpho-métriques des semences pour comparer les espèces (Kruskal et Wallis, 1952). Le `conover.test` avec la méthode approfondie de Bonferroni a été appliqué pour déterminer la présence ou non de différence statistiquement significative (Conover et Iman, 1979 ; Conover, 1999). Ensuite, les statistiques inférentielles avec la théorie des Modèles Linéaires Généralisés (GLM) a permis de modéliser l'épaisseur des graines en fonction de la longueur et largeur (Nelder et Wedderburn, 1972) et de déduire des équations de régressions linéaires pour chaque espèce. Le test de corrélation de Pearson a été appliqué sur les paramètres morpho-métriques des graines. Enfin, les similarités sont déduites des résultats et des conclusions tirées de l'étude.

Résultats

L'analyse des données des graines montre qu'il y a une différence significative sur leurs paramètres morpho-métriques entre ces 4 espèces étudiées. Le test non paramétrique de Kruskal-Wallis (`Kruskal.test`) donne une valeur de probabilité (p -value = $< 2.2e-16$) inférieure au seuil alpha (5%) pour toutes les espèces et pour tous les paramètres. La comparaison des rangs de Wilcoxon suivi de l'ajustement de Bonferroni avec le test de conover (`conover.test`) montre que les quatre espèces sont significativement différentes lorsqu'elles sont comparées deux à deux sur l'ensemble des paramètres testés (Tableau 1).

Tableau 1 : Statistiques descriptives sur la longueur, la largeur et l'épaisseur des semences des espèces de baobab *A. digitata*, *A. grandidieri*, *A. rubrostipa* et *A. za*.

Paramètres	<i>A. grandidieri</i> – <i>A. za</i>	<i>A. grandidieri</i> – <i>A. rubrostipa</i>	<i>A. grandidieri</i> – <i>A. digitata</i>	<i>A. rubrostipa</i> – <i>A. za</i>	<i>A. digitata</i> – <i>A. rubrostipa</i>	<i>A. digitata</i> – <i>A. za</i>
Longueur	< 2e-16***	3.8e-07 ***	< 2e-16***	1.3e-11 ***	< 2e-16***	< 2e-16 ***
Largeur	< 2e-16***	7.8e-08 ***	< 2e-16***	2.8e-07 ***	< 2e-16***	< 2e-16***
Epaisseur	< 2e-16***	< 2e-16***	< 2e-16***	4.3e-09***	< 2e-16***	1.1e-15***
Masse	< 2e-16***	5.6e-06 ***	< 2e-16***	< 2e-16***	< 2e-16***	3.1e-07 ***

Signif. codes: 0 '***' très hautement significative, 0.001 '**' hautement significative, 0.01 '*' significative

L'analyse de la figure 2 montre que les données de la masse connaissent une meilleure symétrie sur l'ensemble des quatre espèces. Le premier quartile, la médiane et le troisième quartile sont nettement distincts avec une moyenne centrée sur la médiane pour *A. digitata* et *A. za* et légèrement décalée de la médiane pour *A. grandidieri* et *A. rubrostipa*. En moyenne, une graine de *A. grandidieri* est plus lourde et pèse $0,92\pm 0,27g$ suivie d'une graine de *A. rubrostipa* ($0,78\pm 0,17g$) et d'une graine de *A. za* ($0,58\pm 0,13g$). Une graine de *A. digitata* est moins lourde et pèse ($0,50\pm 0,07g$) en moyenne (Figure 2).

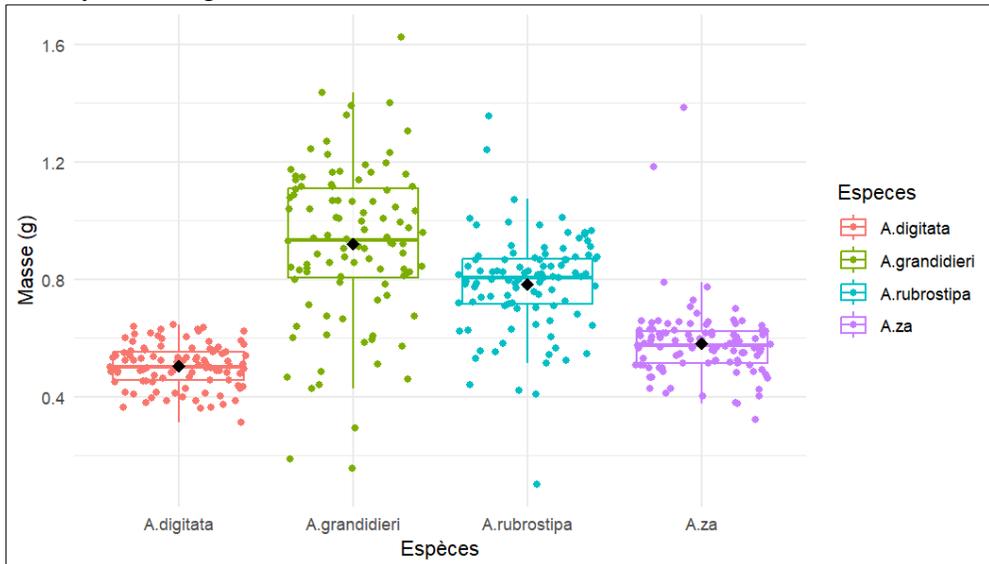


Figure 2 : Distribution de la masse des graines de *A. digitata*, *grandidieri*, *rubrostipa* et *za*

Les box-plots sur la longueur des graines montrent que les données issues des espèces *A. grandidieri* et *A. rubrostipa* sont plus symétriques avec des moyennes plus proches des médianes, centrées et équidistantes entre le premier et le dernier quartile. Par contre, *A. digitata* et *A. za* montrent des données dissymétriques avec une moyenne plus proche du premier quartile indissociable de la médiane pour *A. digitata* et une médiane indissociable au troisième quartile pour *A. za* (Figure 3). Toutefois, la comparaison des rangs montre une différence très hautement significative entre les espèces. En valeur absolue, les graines de *A. grandidieri* sont plus longues avec $14,92\pm 1,70$ mm suivi respectivement des graines de *A. rubrostipa* ($13,83\pm 1,19$ mm), *A. za* ($12,73\pm 1,13$ mm) et *A. digitata* ($11,22\pm 0,94$ mm).

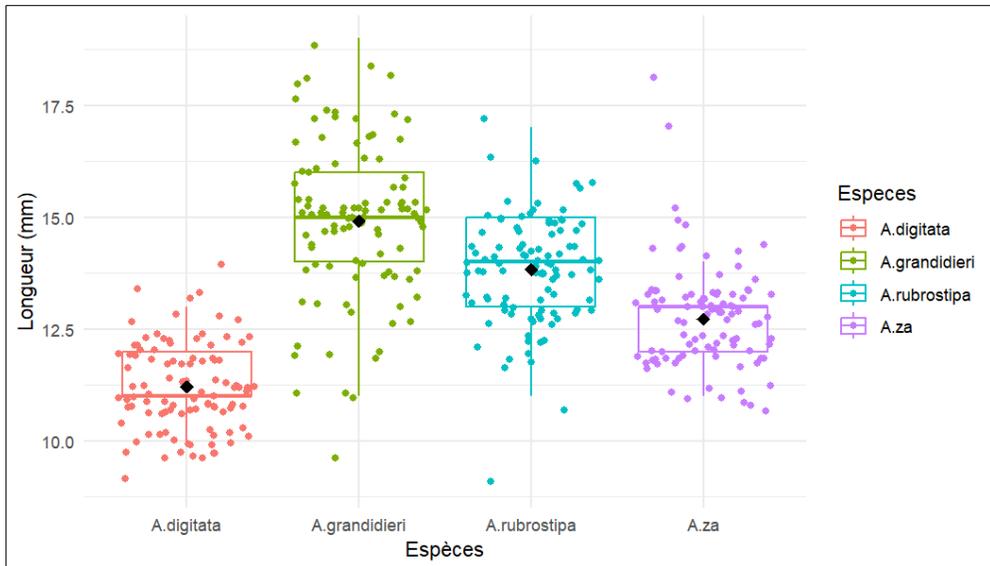


Figure 3 : Distribution des longueurs des graines de *A. digitata*, *grandidieri*, *za* et *rubrostipa*

La figure 4 montre que toutes les espèces présentent des données dissymétriques sur la largeur des graines. Les espèces malgaches (*A. grandidieri*, *A. rubrostipa* et *A. za*) ont des données centrées auprès du dernier quartile qui est aussi la médiane alors que l'espèce *A. digitata* à des données centrées auprès du premier quartile qui est à la fois la médiane. Néanmoins, la comparaison des rangs montre que la différence entre les largeurs moyennes des graines de baobab est très hautement significative. En valeur absolue, les graines de *A. grandidieri* sont plus larges avec en moyenne $12,66 \pm 1,29$ mm. Elles sont suivies respectivement des graines de *A. rubrostipa* ($11,63 \pm 1,19$ mm), *A. za* ($10,81 \pm 0,92$ mm) et *A. digitata* ($9,43 \pm 0,89$ mm).

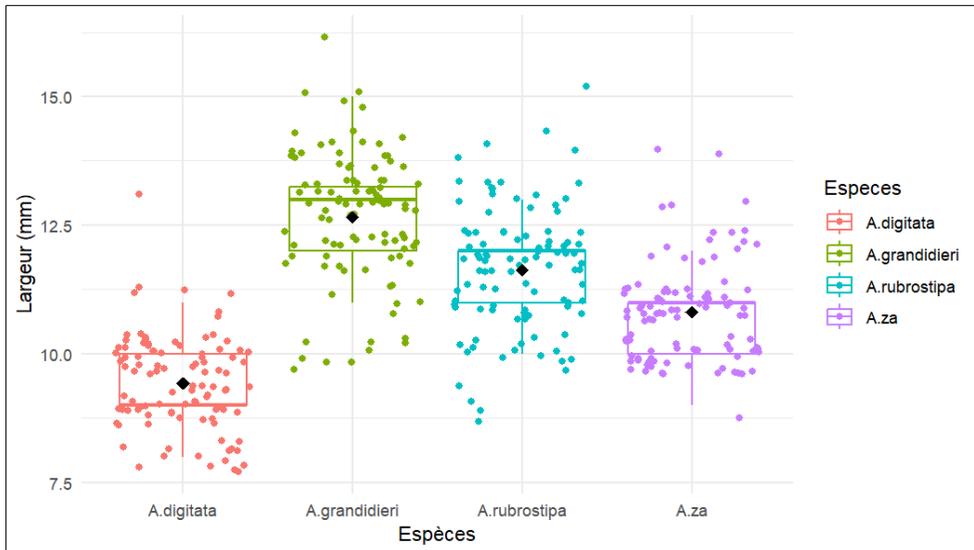


Figure 4 : Distribution des largeurs des graines de *A. digitata*, *grandidieri*, *za* et *rubrostipa*

De l'analyse de la figure 5, il ressort que les données sur l'épaisseur des semences de baobab ont montré pour trois espèces (*A. rubrostipa*, *A. za* et *A. digitata*) une dissymétrie avec des moyennes centrées autour du premier quartile qui est à la fois la médiane contrairement à *A. grandidieri* qui a une distribution plus symétrique avec une nette distinction entre le premier quartile, la médiane et le troisième quartile. Les graines d' *A. grandidieri* sont également plus épaisses avec en moyenne $11,19 \pm 1,27$ mm. Les graines d' *A. digitata* sont moins épaisses avec en moyenne $7,25 \pm 0,69$ mm.

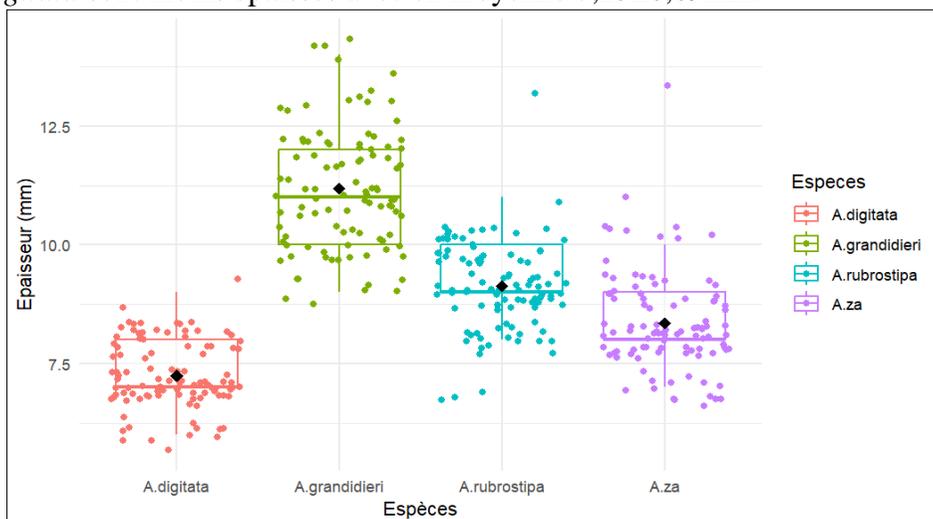


Figure 5 : Distribution des épaisseurs des graines de *A. digitata*, *grandidieri*, *rubrostipa* et *za*

Au sortir de la modélisation de l'épaisseur en fonction de la longueur et de la largeur, le tableau 2 montre que les coefficients de la longueur et de la largeur sont très hautement significatifs ($p < 0.001$). La longueur et la largeur ont chacune un impact significatif sur l'épaisseur et le critère d'Akaike (AIC = 1027) confirme que le modèle est bien ajusté avec une réduction substantielle de la déviance résiduelle par rapport à la déviance nulle. Le modèle appliqué est bien approprié aux données et parfaitement fiable pour la prédiction de l'épaisseur en fonction de la longueur et de la largeur.

Tableau 2 : Statistiques de la modélisation de l'épaisseur en fonction de la longueur et de la largeur des graines de *A. digitata*, *A. grandidieri*, *A. rubrostipa* et *A. za*

Coefficients	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	Signif. codes
(Intercept)	2.71990	0.43711	6.222	1.25e-09	***
Longueur	0.14096	0.04166	3.383	0.000788	***
Largeur	0.31267	0.04883	6.404	4.32e-10	***
Espèces <i>A. grandidieri</i>	2.40851	0.18896	12.746	< 2e-16	***
Espèces <i>A. rubrostipa</i>	0.83421	0.15787	5.284	2.10e-07	***
Espèces <i>A. za</i>	0.45566	0.13637	3.341	0.000913	***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1; (Dispersion parameter for gaussian family taken to be 0.7480523)

Null deviance: 1210.88 on 399 degrees of freedom; Residual deviance: 294.73 on 394 degrees of freedom ; AIC: 1027

En effet, *A. digitata* est l'espèce de référence du modèle. Chez *A. digitata*, lorsque la longueur et la largeur sont à leur plus basse valeur, l'épaisseur est de 2,72 mm. Une augmentation d'un (1) mm de longueur entraîne une augmentation de 0,14 mm de l'épaisseur tandis qu'une augmentation d'un (1) mm de largeur entraîne une augmentation de 0,31 mm de l'épaisseur. Ce qui nous permet de déduire l'équation de régression de l'épaisseur en fonction de la longueur et de la largeur pour *A. digitata*. Le modèle permet de prédire à partir de *A. digitata*, l'épaisseur d'une graine de *A. grandidieri*, *A. rubrostipa* et *A. za* qui augmente d'intercept respectivement de 2,40851 ; 0,83421 et 0,45566 à partir de celui de *A. digitata* (Tableau 3).

Tableau 3 : Equations de régression linéaire de l'épaisseur en fonction de la longueur et de la largeur des graines de *A. digitata*, *A. grandidieri*, *A. rubrostipa* et *A. za*

Espèces	Equations allométriques
<i>A. digitata</i>	Epaisseur = [2,72 + (0,14*Longueur) + (0,31*largeur)]
<i>A. za</i>	Epaisseur = [3,18 + (0,14*Longueur) + (0,31*largeur)]
<i>A. rubrostipa</i>	Epaisseur = [3,55 + (0,14*Longueur) + (0,31*largeur)]
<i>A. grandidieri</i>	Epaisseur = [5,13 + (0,14*Longueur) + (0,31*largeur)]

La Figure 6 montre que le modèle de référence de la régression linéaire de l'épaisseur en fonction de la longueur et de la largeur des graines porté par *A. digitata* est plus proche du modèle de *Adansonia za* suivi de *A. rubrostipa*.

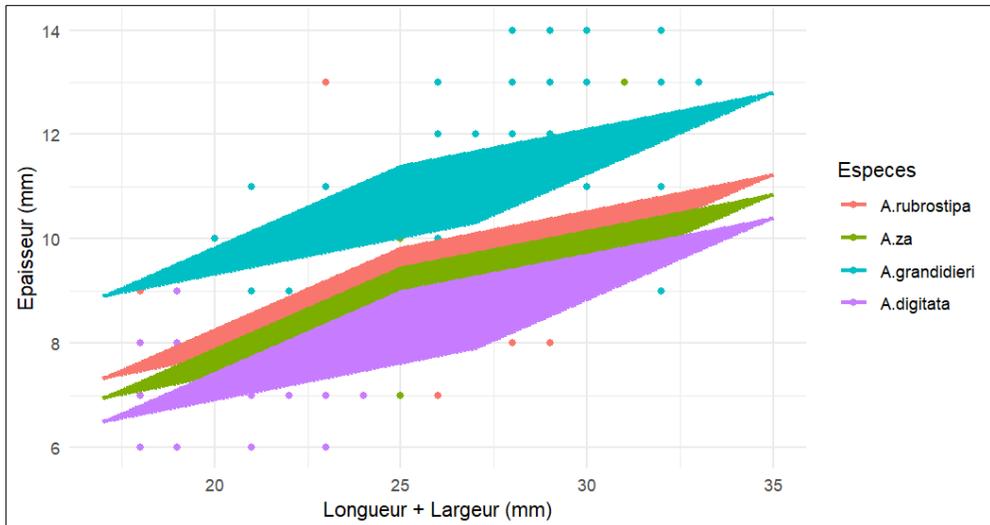


Figure 6 : Modélisation de l'épaisseur en fonction de la longueur et de la largeur des graines de *A. digitata*, *grandidieri*, *rubrostipa* et *za*

L'exploitation des données des paramètres morpho-métriques montre que pour toutes les espèces, la longueur, la largeur et l'épaisseur sont positivement corrélées. L'espèce *A. digitata* donne des semences dont la masse est modérément corrélée à la longueur (0,65), largeur (0,56) et épaisseur (0,58). Toutefois, la longueur est faiblement corrélée à la largeur (0,36) et à l'épaisseur (0,24) de même que la largeur par rapport à l'épaisseur (0,27). Chez l'espèce *A. grandidieri*, la masse des semences est modérément corrélée à la largeur (0,52) et à l'épaisseur (0,60) mais faiblement corrélée à la longueur (0,44). La largeur est modérément corrélée à l'épaisseur (0,60) et à la longueur (0,64) alors que l'épaisseur est faiblement corrélée à l'épaisseur (0,37). Les semences de l'espèce *A. rubrostipa* donnent des corrélations toutes faibles hormis celles entre la largeur et la longueur (0,57) qui est modérée. L'espèce *A. za* présente une seule corrélation forte entre la masse et la longueur (0,75). Les corrélations restantes sont toutes modérées. En effet, les espèces *A. digitata* et *A. za* donnent des semences dont la masse présente plus de corrélation forte à modérée avec les paramètres de taille contrairement aux espèces *A. grandidieri* et *A. rubrostipa* dont la masse présente plus de corrélation faible avec les paramètres de taille (Figure 7).

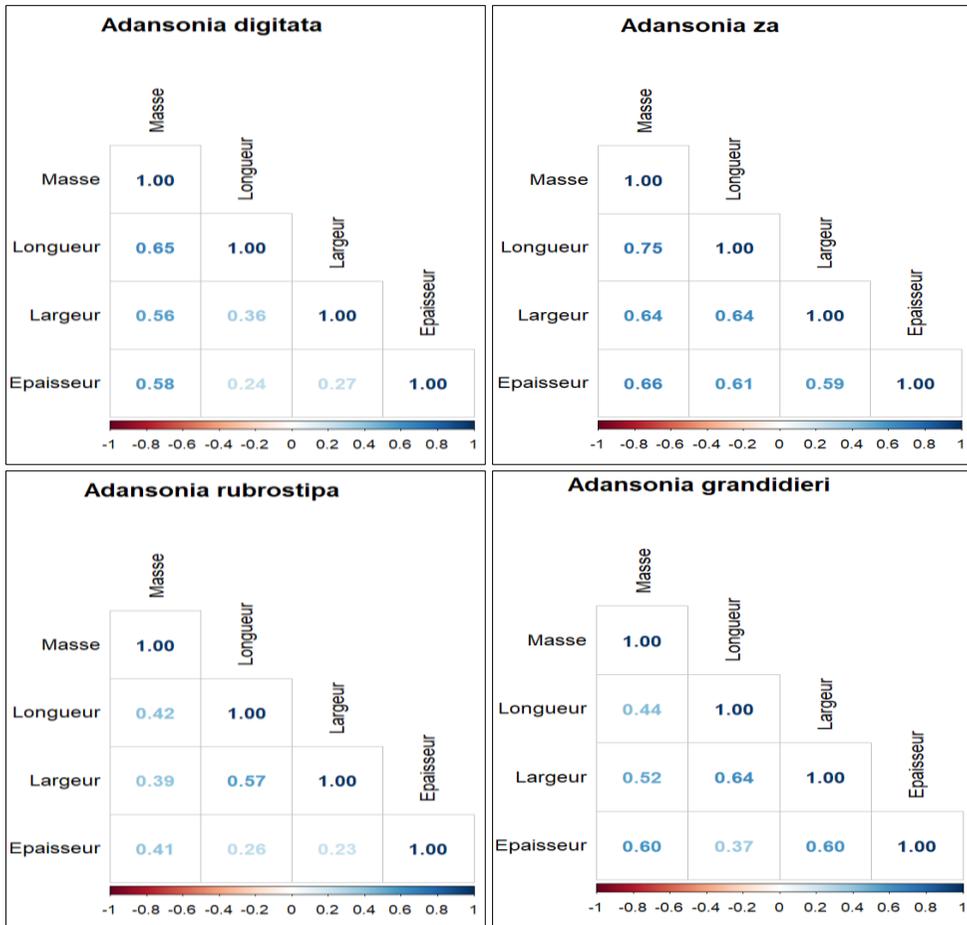


Figure 7 : Matrice de corrélation de Pearson entre la masse, la longueur, la largeur et l'épaisseur des graines des espèces *A. digitata*, *A. grandidieri*, *A. rubrostipa* et *A. za*

Discussion

Les graines des différentes espèces de baobab montrent une grande dissymétrie en longueur, largeur, épaisseur et masse. Les espèces *A. grandidieri* et *A. rubrostipa* présentent des longueurs moyennes proches des médianes, tandis que *A. digitata* montre des moyennes qui se rapprochent du premier quartile et *A. za* montre une médiane similaire au troisième quartile. La largeur des graines des espèces malgaches est presque identique et centrée sur le dernier quartile. En ce qui concerne l'épaisseur, *A. digitata* est plus proche de *A. rubrostipa* et *A. za*. La masse des graines se distribue mieux parmi les quatre espèces, avec des valeurs distinctes pour les quartiles et des moyennes presque égales aux médianes chez *A. digitata* et *A. za*. Les différences morphométriques entre les espèces sont significatives ($p < 0,05$), *A. grandidieri* ayant des valeurs moyennes plus élevées que *A. digitata*. Des corrélations positives entre la masse et les dimensions des graines sont

observées, notamment une forte corrélation (0,75) entre la masse et la longueur chez *A. za*. Les corrélations entre masse et taille sont modérées chez *A. digitata* et *A. za*, mais faibles chez *A. grandidieri* et *A. rubrostipa*. Les corrélations entre les paramètres de taille sont elles-mêmes en général faibles à modérées pour toutes les espèces.

Les résultats obtenus de *A. digitata* et *A. za* sont en conformité avec ceux des travaux de Von Maydell, (1986) sur les graines de *A. digitata* dont les tailles varient de 10 à 13 mm × 8 à 10 mm × 4 à 5 mm pour une masse moyenne d'une graine variant entre 0,37 et 0,54 g. contrairement aux espèces *A. grandidieri* et *A. rubrostipa* dont les résultats en déphasage montrent des graines avec des moyennes supérieures aux plage décrites par Von Maydell, (1986). Les bilans pluviométriques montrent que les zones de collecte des semences sont soumises à une variabilité annuelle avec des moyennes respectives de 1200 mm à Sédhiou, 767 mm à Marofandilia et Morondava, 1505,9 mm à Andrakodavaka. Cependant, *A. digitata* s'adapte très bien dans les zones sahéennes, soudano-sahéennes et soudaniennes où la pluviométrie moyenne annuelle est respectivement de 300, 500 et >800 mm (FAO, 1981, 1988 et Wickens 1982 ; Sidibé et Williams, 2002). En effet, *A. digitata* est l'espèce la plus dispersée à l'état naturel parmi les baobabs et d'après Charpentier (2006) ; Abdillahi et al. (2014) cité par Abdillah (2017) *A. digitata* est présente dans les savanes et forêts sèches d'Afrique de l'Ouest, de l'Est et du Sud. Elle est aussi présente sur l'Archipel des Comores dans les forêts, fourrés et savanes (Abdillah, 2017). *A. digitata* est également présente dans le Nord-ouest de Madagascar, en Asie tropicale et sur l'île Maurice (Miège, 1974 ; Baum, 1996 ; Wickens et Lowe, 2008 ; Charpentier, 2006 ; Leong Pock Tsy et al., 2009 ; Cornu et al., 2014). Ainsi, cette espèce est celle qui présente la plus large distribution et les semences récoltées à Sédhiou ont évolué dans l'idéal pluviométrique allant de 300mm à plus de 800mm. Cependant, l'étude montre que les semences d' *A. grandidieri* ont été récoltées dans une zone (Andrakodavaka avec 1505,9mm) où la pluviométrie moyenne annuelle est largement supérieur à celle de Sédhiou. Ces résultats montrent que les conditions climatiques pourraient impacter la variabilité des paramètres morphométriques des semences. En effet, les résultats confirment les travaux de Kodjo et al. (2022) sur la caractérisation des descripteurs morphologiques et des paramètres biochimiques de 100 fruits de *A. digitata* issus de quatre zones agroclimatiques de la Cote d'Ivoire. Les résultats obtenus ont révélé une différence significative entre les zones agroclimatiques synonyme d'une diversité pour la majorité des descripteurs morphologiques et biochimiques (Kodjo et al., 2022). La variabilité des paramètres morphométrique des graines de baobab serait liée à une évolution spatiotemporelle très lointaine pour l'espèce *A. digitata*. Cette évolution lui aurait conféré une capacité d'adaptation parfaite aussitôt bien dans des conditions sahéennes que

soudaniennes contrairement aux espèces *A. grandidieri*, *A. rubrostipa* et *A. za* qui sont restées endémiques à Madagascar. En effet, l'évolution au fil du temps aurait donné aux graines de l'espèce continentale africaine (*A. digitata*) des paramètres morphométriques plus faibles mais plus stables (parfaitement illustré par les données de l'épaisseur). Ces résultats sont en phase avec les travaux de Rakotoarisoa et al. (2006) ; Assogbadjo et al. (2005) qui ont montré que la mesure de l'épaisseur des graines peut aider à différencier les espèces. L'épaisseur, définie comme la dimension de la graine mesurée perpendiculairement à sa longueur et sa largeur, est utilisée en conjonction avec ces deux derniers paramètres pour caractériser les graines de manière exhaustive. Ainsi, l'épaisseur est une mesure morpho-métrique essentielle pour comprendre la morphologie des graines. La variabilité de l'épaisseur peut être liée à la capacité d'adaptation écologique mais aussi à la diversité génétique. En effet, les graines plus épaisses obtenues avec *A. grandidieri* renseigneraient sur des conditions climatiques moins hostiles, une teneur plus élevée en réserves nutritives et une meilleure résistance à la dissémination sur de longue distance. Par contre les graines moins épaisses correspondantes à celles de *A. digitata* renseigneraient sur des conditions climatiques plus hostiles et plus contraignantes provoquant une diminution des réserves nutritives, des teneurs en eau et des graines plus récalcitrantes. La diminution de l'épaisseur des graines chez *A. digitata* serait une stratégie d'adaptation aux conditions climatiques de la zone sahélienne marqué par la rareté des pluies. Toutefois, la diminution des réserves pourrait être un avantage pour *A. digitata* dont les graines auraient la capacité à se conserver sur de longue durée en attente des conditions idéales pour une germination. Selon Aubreville, (1975) défenseur de la première hypothèse avancée pour expliquer la cause de la disjonction (spécifique) sur l'origine des baobabs cité par Baum et al. (1998) ; Smith et al. (1971) ; Miège (1974) ; Armstrong (1977) ; Bowman, (1997), le genre *Adansonia* serait originaire de Madagascar mais s'est retrouvé en Afrique par dispersion suite à la rupture des blocs de l'Ouest du Gondwana comprenant l'Afrique, Madagascar, l'Inde, l'Australie et l'Amérique du sud au courant du Crétacé. Ce qui fait que le genre *Adansonia* est considéré comme une relique de la flore du Gondwana par Smith et al. (1971) ; Miège (1974) ; Armstrong (1977) ; Bowman (1997). Toutefois, Baum (2003) sur la base de données phylogénétiques du genre *Adansonia*, indique que le groupe des baobabs africains, australiens et malgaches sont issus d'un ancêtre commun suite à une évolution qui s'est produite il y a -9,4 et -10,5 millions d'années approximativement. Ce qui exclut ainsi l'hypothèse de l'origine gondwanienne des baobabs il y a -58 à -65 millions d'années (Baum, 2003). Cette évolution récente renforce l'idée d'une hydrochorie marine des graines des espèces de l'Iles de Madagascar qui aurait abouti à des semences plus petites et moins lourdes de l'espèce *A. digitata* au niveau du plateau

continental africaine (Baum, 2003). Toutefois, cette évolution aurait laissé des traits de ressemblance entre *A. digitata* et les espèces endémiques de Madagascar. La corrélation de Pearson confirmait par les travaux de Assogbadio et al. (2005) montre que les relations, entre les variables métriques et le poids total des capsules chez le baobab, présentent des coefficients de détermination globalement faibles (0,35) entre la masse et la longueur, modérés (0,64) entre la masse et la largeur des semences et très faibles entre la longueur et la largeur des graines (0,22). Le modèle prédictif de l'épaisseur des graines en fonction de la longueur et de la largeur montre que l'espèce *A. digitata* reste l'espèce de référence. Les équations de régressions montrent que *A. za* et *A. rubrostipa* sont les deux espèces malgaches de cette étude qui offre des modèles plus proches de celui d'*A. digitata* plus particulièrement *A. za*. Les résultats de la caractérisation morpho-métrique des semences ont ressortis des similitudes entre *A. digitata* et *A. za*.

Conclusion et perspectives

La présente étude menée sur la caractérisation des paramètres morphométriques de quatre espèces de baobab dont trois endémiques de Madagascar, à travers des échantillons de 100 graines de chaque espèce a montré des traits de ressemblances entre certaines espèces. Les résultats montrent l'existence de différence significative entre les espèces sur les paramètres morpho-métriques. En effet, une graine de l'espèce *A. grandidieri* est plus longue ($14,92 \pm 1,70$ mm), plus large ($12,66 \pm 1,29$ mm), plus épaisse ($11,19 \pm 1,27$ mm) et plus lourde ($0,92 \pm 0,27$ g) qu'une graine de *A. rubrostipa*, *A. za* et *A. digitata*. Cette dernière (*A. digitata*) a une graine en moyenne moins longue ($11,22 \pm 0,94$ mm), moins large ($9,43 \pm 0,89$ mm), moins épaisse ($7,25 \pm 0,69$ mm) et moins lourde ($0,50 \pm 0,07$ g). Les statistiques inférentielles autour des valeurs des paramètres morphométriques des semences montrent que toutes les espèces ont des graines dont la masse est corrélée positivement aux paramètres de taille. Toutefois, les espèces *A. digitata* et *A. za* donnent des graines dont les masses sont modérées à fortement corrélées aux paramètres de taille contrairement aux espèces *A. grandidieri* et *A. rubrostipa* dont les masses présentent une corrélation faible avec les paramètres de taille. Les résultats de la caractérisation morphométrique permettent de déduire que l'espèce *A. za* est l'espèce malgache dont les graines présentent des paramètres morpho-métriques positivement discriminés avec ceux des graines de l'espèce *A. digitata*. En effet, l'étude montre que les semences des espèces malgaches gardent des caractéristiques supérieures à celles de l'espèce *A. digitata*. *A. za* est l'espèce malgache dont les caractéristiques morphométriques des semences sont plus proches de celle du *A. digitata*. Malgré les résultats probants, l'étude regorge de limites liées aux manques de semences des autres espèces de baobab (*Adansonia perrieri*, *Adansonia suarezensis*, *Adansonia*

madagascariensis et *Adansonia gregorii*) afin de prendre en compte toutes les espèces.

En perspective, il serait nécessaire de poursuivre la caractérisation morphométrique avec les autres espèces de baobab, de mener des tests sur la germination des semences et la capacité d'adaptation des plants de toutes les espèces de baobab au Sénégal en fonction de la variabilité climatique tout au long de l'année. Nous suggérons également de mener des études sur le séquençage de l'ADN de baobab *A. digitata* du Sénégal afin d'établir la carte génétique de l'espèce.

Remerciements

Les auteurs remercient le Centre National de Recherches Forestières d'avoir commandé des semences de Madagascar et fourni les moyens avec le recrutement d'une mastérante pour mener l'étude. Les auteurs remercient également les reviewers pour les remarques ayant permis l'amélioration du manuscrit.

Contributions des auteurs

Les auteurs qui ont défini les objectifs de recherche, sont responsables de la mise en place de l'essai, de la collecte et de l'analyse des données, de l'interprétation des résultats, de la rédaction de l'article et de sa révision.

Déclaration de financement: Cette étude n'a reçu aucun financement externe et a été entièrement réalisée sur ressource propre du Centre National de Recherches Forestières (CNRF) de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA).

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

References:

1. Abdillahi, M. (2017). Caractérisation écologique de la végétation sèche à baobab et biogéographie d'*Adansonia digitata* de l'archipel des Comores. Thèse pour l'obtention du diplôme de doctorat en sciences de la vie et de l'environnement spécialité : sciences du végétal. Université d'Antananarivo Domaine Sciences et Technologies mention Biologie et Ecologie Végétale. 192 p.
2. Abdillahi, M., Cyrille C., Danthu, P., Edmond, R., & Bakoulimalala, R. (2014). Biogéographie des baobabs des Comores : analyse spatiale

- de la distribution des individus pour la conservation de la biodiversité d'*Adansonia digitata* L. *TOHIRAVINA* 3 : 173-192.
3. Andriamanalina, N, M, H, L. (2021). Analyse des déterminants à l'adoption du charbon écologique dans le district de Morondava, Madagascar. Université Senghor, Département Environnement Spécialité Gestion de l'Environnement. 72 p.
 4. ANSD. (2017). Recensement Général de la Population et de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Elevage (RGPHAE 2013). Rapport définitif régional, région de Sédhiou. 79 p. <https://www.ansd.sn/rapports/rgph-2013>.
 5. Armstrong, P. (1977). Baobabs : Remnant of Gondwanaland ? *New Scientist*, 73 : 212-213.
 6. Asogwa, I. S., Ibrahim, A. N., & Agbaka, J. I. (2021). African baobab : Its role in enhancing nutrition, health, and the environment. *Trees, Forests and People*, 3, 100043.
 7. Assogbadjo, A. E., Sinsin, B., & Van Damme, P. (2005). Caractères morphologiques et production des capsules de baobab (*Adansonia digitata* L.) au Bénin. *Fruits*, 60(5) : 327-340.
 8. Bartlett, M. S. (1937). Properties of sufficiency and statistical tests. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A-Mathematical and Physical Sciences*, 160(901) : 268-282.
 9. Bationo, B. A., Lamien, N., Demers, N., & Kandji, S. (2009). Culture du baobab *Adansonia digitata* L. (Bombacaceae) en planche maraîchère : Une méthode pour simplifier sa récolte et favoriser sa propagation au Sahel. *Bois & Forêts Des Tropiques*, 299 : 79-86.
 10. Baum, D. A. (2003). Bombacaceae, *Adansonia*, Baobab, Bozy, Fony, Renala, Ringy, Za. In Goodman S. M., Benstead J. P. (Eds). *The natural history of Madagascar. The University of Chicago Press. Chicago and London.* 339-342.
 11. Baum, D. A., Small, R. L., & Wendel, J. F. (1998). Biogeography and floral evolution of baobabs (*Adansonia*, Bombacaceae) as inferred from multiple data sets. *Systematic Biology*, 47 : 181-207.
 12. Baum, D. A. (1996). The ecology and conservation of the baobabs of Madagascar. *Primate Report*, 46(1) : 311-327.
 13. Baum D. A., & Oginuma K. (1994). A review of some chromosome numbers in Bombacaceae with new counts for *Adansonia* (Bombacaceae). *Taxon*, 43 : 11–20. <https://doi.org/10.2307/1223456>.
 14. Bowman, D. M. J. S. (1997). Observations sur la démographie du baobab d'Australie (*Adansonia gibbosa*) dans le nord-ouest du Territoire du Nord, en Australie. *Revue australienne de botanique*, 45(5) : 893-904. <https://doi.org/10.1071/BT96092>.

15. Charpentier, M. (2006). Le baobab, cet arbre étrange et monstrueux. *Univers Maoré*, 5 : 28-31.
16. Cissé, M. (2015). Analyse des perceptions locales et des déterminants socio-économiques de l'adoption de technologies agroforestières : Cas des planches maraichères et du greffage horticole d'*Adansonia digitata* L. Baobab), Mémoire Master Université Assane Seck de Ziguinchor. 41 p.
17. Conover, W. J. (1999). Practical nonparametric statistics (Vol. 350). *John Wiley & Sons*, New York.
18. Conover, W. J., & Iman, R. L. (1979). Multiple-comparisons procedures. Informal report. *Tech. Rep. LA-7677-MS, Los Alamos Scientific Laboratory*. <https://doi.org/10.2172/6057803>
19. Cornu, C., Ramahafaly, W., & Danthu, P. (2014). *Adansonia madagascariensis*, a marine hydrochory hypothesis. *BOIS ET FORÊTS DES TROPIQUES*, 320 (2) : 7-14.
20. CREAM (2013). Monographie de la région de Vakinankaratra. Centre de Recherches, d'Etudes et d'Appui à l'Analyse Economique à Madagascar. 169 p.
21. Cron, G. V., Karimi, N., Glnnon, K. L., Udeh, W., Venter, S. M., Assogbadio, A., & Baum, D. A. (2016). One African baobab species or two? A reevaluation of *Adansonia kilima*. *TAXON*, 65 (5): 1037–1049.
22. Danthu, P., & Soloviev, P. (2000). Propagation par greffage de trois espèces forestières fruitières des zones tropicales sèches. *Adansonia digitata*, *Balanites aegyptiaca*, 22-24.
23. Danthu, P., Roussel, J., Gaye, A., & El-Mazzoudi, E. (1995). Baobab (*Adansonia digitata* L.) seed pretreatments for germination improvement. *Seed science and technology*, 23(2) : 469-475.
24. Davo, M. A., Moutikou, K. G., Oumorou, M., Adjahossou, B. S., & Aïtondji, L. (2021). Effets des prétraitements sur la germination et la croissance juvénile de *Adansonia digitata* (Coly R.) dans la commune de Natitingou. Rapport(GEN)/EPAC/UAC. 44 p.
25. Dieng, M. (2022). Caractérisation agromorphologique de *Adansonia digitata* L (baobab) en zone urbaine dans la ville de Ziguinchor. Mémoire de Master Spécialité : Aménagement et Gestion Durable des Écosystèmes Forestiers et Agroforestiers (AGDEFA). UFR Sciences et Technologies, Département Agroforesterie. 55 p.
26. FAO. (1988). Traditional food plants. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, 24 : 63-67.
27. FAO. (1981). An Eco-climatic Classification of Inter-Tropical Africa. *Prod. Prot.* Rome, Italy, Paper 31. 43p.

28. Kehlenbeck, K., Padulosi, S., Alercia, A. (2015). Descriptors for baobab (*Adansonia digitata* L.). *Bioversity international*, Rome, Italy and world agroforestry centre, Nairobi, Kenya. [accessed 2019 May 31]. <https://www.bioversityinternational.org/e-library/publications/detail/descriptors-for-baobabadansonia-digitata-l/>.
29. Kodjo, N. F., Adama, P. S., & Zoro, F., A. (2022). Variabilités des caractères morphologiques et biochimiques des fruits de *Adansonia digitata* L. issus des zones agroclimatiques en Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 37(3) : 2028-9324. <http://www.ijias.issr-journals.org/>.
30. Kouyate, A., & Lamien, N. (2011). Conservation et utilisation durable des ressources génétiques des espèces ligneuses alimentaires prioritaires de l'Afrique subsaharienne. INERA, Centre Régional de Recherches Environnementales et Agricoles, Burkina Faso, 8 p.
31. Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American statistical Association*, 47(260) : 583-621.
32. Mbaye, T., Ndiaye, A., Ba, M. F., Fall, D., & Ngom, D. (2021). Biophysical Characterisation of Baobab Parks in Middle and Upper Casamance in Southern Senegal. *American Journal of Agriculture and Forestry*, Vol. 9, No. 6, 2021, pp. 334-341. doi: 10.11648/j.ajaf.20210906.11.
33. Mbaye, T., Cisse, Mahani., Toure, Katim., Ndiaye, Ababacar., Ba, M., F., Fall, D., Gning, F., Ngom, D. (2021). Local People's Perceptions of Baobab (*Adansonia digitata* L.) Technologies in Senegal. *International Journal of Agricultural Economics*, Vol. 6, No. 6, 2021, pp. 250-255. doi: 10.11648/j.ijae.20210606.12.
34. Mbaye, T., Ndiaye, A., Sow, M., Diallo, M., Fall, D., Ngom, D., Charrahabil, M., Ndiaye, S., & Beye, A. (2020). Caractéristiques de la végétation herbacée de trois jeunes plantations de baobabs (*Adansonia digitata* L.) en Moyenne et Haute Casamance, Sénégal. *Revue d'élevage Et De médecine vétérinaire Des Pays Tropicaux*, 73(3) : 213–220. <https://doi.org/10.19182/remvt.36314>.
35. Mbaye, T., Gning, F., Fall, D., Ndiaye, A., Ngom, D., Cisse, M., & Ndiaye, S. (2019). Effet du greffage horticole et de l'inoculation mycorhizienne sur la croissance du baobab (*Adansonia digitata* L.) en Moyenne et Haute Casamance (Sénégal). *European Scientific Journal*, 15(36) : 1857-7431.
36. Mbaye, T., Ndiaye, A., Ngom, D., Cissé, M., & Gning, F. (2014). Facteurs déterminants de la fructification des parcs à baobab

- (*Adansonia digitata* L.) en Moyenne et Haute Casamance. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 22(2) : 3446-3454.
37. Miège, J., & Burdet, H. (1968). Etude du genre *Adansonia* L. I. Caryologie [In French]. *Candellea*, 23 : 59-66.
 38. Ndiaye, S., Gaye, A., Fall, S., Diouf, M., & Diallo, I. (2003). Le baobab : Nouvelle plante maraichère du sahel. Fiche technique, ISRA, CORAF/WECARD, FNRAA, 6 p.
 39. Ndour B., & Gaye, A. (1995). Priorisation et utilisation des ligneux à usages multiples dans le bassin arachidier sénégalais [Prioritization and use of multipurpose woody plants in the Senegalese groundnut basin] Rogers, E. (1983). Elements of Diffusion. P. 1-37. Dans *Diffusion of Innovations*, 3 ed. Free Press, New York. 32 (1995) : 127–146.
 40. Nelder, J. A., & Wedderburn, R. W. M. (1972). Modèles linéaires généralisés. *Royal Statistical Society Journal. A* : 135 (3) : 370–384. <https://doi.org/10.2307/2344614>.
 41. Offiah, V. O., & Falade, K. O. (2023). Potentials of baobab in food systems. *Applied Food Research*, 3(1) : 100-299.
 42. Patrut, A., Patrut, R. T., Danthu, P., Leong Pock-Tsy, J.-M., Rakosy, L., Lowy, D. A., & Von Reden, K. F. (2016). AMS radiocarbon dating of large za baobabs (*Adansonia za*) of Madagascar. *PLoS One*, 11(1) : 0146-977.
 43. Pock Tsy, J. L., Lumaret, R., Mayne, D., Vall, A. O. M., Abutaba, Y. I., Sagna, M., Raoseta, S. O. R., & Danthu, P. (2009). Chloroplast DNA phylogeography suggests a West African centre of origin for the baobab, *Adansonia digitata* L. (Bombacoideae, Malvaceae). *Molecular Ecology*, 18(8) : 1707-1715.
 44. Rakotoarisoa, S., et al. (2006). Comparative Study of Seed Morphology and Germination in Baobabs (*Adansonia spp.*) in Madagascar.
 45. Ravaomanalina, H. & Razafimanahaka, J. (2016). *Adansonia grandidieri*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2016: e.T30388A64007143.
 46. Royston, J. P. (1982). Algorithm AS 181 : The W test for normality. *Applied Statistics*, 176-180.
 47. Savard, V. (2003). Evaluation du potentiel d'adoption des parcelles maraichères de baobab (*Adansonia digitata* L.) dans la Région de Ségou, au Mali [Evaluation of the adoption potential of baobab (*Adansonia digitata* L.) market garden plots in the Segou Region, Mali], mémoire de Master Université de Laval. 127p.
 48. Shapiro, S.S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete sample). *Biometrika*, 52(3-4) : 591-611.

49. Sidibe, M., & Williams, J. T. (2002). Baobab, *Adansonia Digitata* L. International Centre for Underutilised Crops, Southampton, UK, 99p. ISBN 0854327762.
50. Sidibe M., Dembele B., N'diaye I., & Tembely D. (1994). Technique d'élevage du baobab [Baobab breeding technique]. Note technique du comité Régional de la recherche agronomique, Centre de Niono. IER/ICRAF, Bamako. 1 p.
51. Silva, V. M., Putti, F. F., White, P. J., & Dos Reis, A. R. (2021). Phytic acid accumulation in plants : Biosynthesis pathway regulation and role in human diet. *Plant physiology and biochemistry*, 164 : 132-146.
52. Smith, M. H., Blessing, R., Chelton, J. G., Gentry, J. B., Golley, F. B. & McGinnis, J. T. (1971). Determining density for small mammal populations using a grid and assessment lines. *Acta Theriol*, 16 : 105-126.
53. Tâche, E. & Intercooperation (Bern). (1994). Etude hydrogéologique dans la région du Menabe, Madagascar : dans le cadre de l'Opération Sauvegarde et Aménagement des Forêts-Côte Ouest (SAF-CO). Centre d'hydrogéologie-Université de Neuchâtel.
54. Thiaw, I., Faye, C., Dacosta, H., & Dione, D. (2022). Market gardening and the Economy of Urban and Peri-urban Households in the city of Dakar : Case of the Municipalities of Hann-Bel-Air, Parcelles Assainies, Ouakam and Grand-Yoff Maraîchage et Economie des Ménages Urbains et. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 7, 4.
55. Thiaw, I., Dacosta, H., Mendy, A., & Diop, S. (2021). Cartographie des Changements d'Occupation des Sols entre 1966 et 2020 dans les Communes Périurbaines de Dakar : Cas de Hann Bel-Air, Parcelles Assainies, Ouakam et de Grand-Yoff. *GéoDév.ma*, 9. <http://revues.imist.ma/?journal=geodev>.
56. UICN. (2019). Liste rouge des espèces menacées de l'UICN. Version 2019-3. Disponible sur : www.iucnredlist.org. (Consulté le 10 décembre 2019).
57. UICN. (2016). Liste rouge des espèces menacées de l'UICN. Version 2016-2. Disponible sur : www.iucnredlist.org. (Consulté le 4 septembre 2016).
58. von Maydell, H.-J. (1986). Trees and shrubs of the Sahel, their characteristics and uses. (Numéro 196).
59. Wickens, G. E. & Lowe, P. (2008). The baobabs - Pachycauls of Africa, Madagascar and Australia. *Royal Botanic Gardens, Springer, Kew*. 498 p.
60. Wickens, G. E. (1982). The baobab : Africa's upside-down tree. *Kew Bull*, 37 : 173–209.