



Germination et croissance des types morphologiques de propagules du Palétuvier rouge (*Rhizophora racemosa*) du Site Ramsar 1017 au Bénin

Elie Antoine PADONOU^{1,2*} , Gbodja H. François GBESSO³ , Alexis Bokon AKAKPO^{2,5} ,
Rasnus ADJOVI², Ghislain AKABASSI² , Moustapha Arè mou KOLAWOLE^{2,4} 

* Auteur Correspondant

¹ Ecole de Foresterie Tropicale, Université Nationale d'Agriculture, Kétou, Bénin

² Laboratoire d'Écologie Appliquée, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin

³ Laboratoire des Sciences Végétales, Horticoles et Forestières (LaSVHF), Unité de Recherche Horticole et d'Aménagement des Espaces Verts, Ecole d'Horticulture et d'Aménagement des Espaces Verts (EHAEV), Université Nationale d'Agriculture (UNA), Kétou, Bénin

⁴ Laboratoire de Biomathématiques et d'Estimations Forestières, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

⁵ West African Science Service Centre on Climate Change and Adapted Land Use (WASCAL), Climate Change and Human Habitat (CC&HH), Federal University of Technology of Minna, Niger State, Nigeria

Emails : padonouelie@gmail.com ; fr.gbesso@gmail.com ; ab_akakpo@yahoo.fr ; rasnusemanuel@gmail.com ;
cgakabassi@gmail.com ; moustapakolawole@gmail.com

Reçu le 5 Mars 2022 - Accepté le 5 Février 2023 - Publié le 30 Juin 2023

Résumé : *Rhizophora racemosa* est une espèce de mangrove présente au Bénin. Elle est très vulnérable dans son biotope à cause de la pression des populations riveraines pour l'exploitation de son bois (énergie et service). Pour sa conservation, les essais des plantations enregistrent des échecs à cause de la qualité des plants utilisés. Cette étude évalue la germination et la croissance des propagules de *R. racemosa* provenant des populations de mangrove du site Ramsar 1017. 1200 propagules ont été collectées et mesurées suivant leur poids, longueur et épaisseur. Une Classification Ascendante Hiérarchique suivie de l'Analyse Canonique Discriminante ont permis de regrouper les propagules par type morphologique et de décrire les différences entre ces types morphologiques. Une analyse de variance sur mesures répétées a été effectuée sur les données de germination et de croissance en rapport avec les types morphologiques identifiés. Quatre types morphologiques (1, 2, 3 et 4) ont été décrits. Les types morphologiques 2 et 4 ont regroupé des individus à propagules longues et lourdes (en moyenne 29 cm et 35 g), présentant un taux de germination élevé (environ 80%) avec des plantules à croissance rapide. Les types morphologiques 1 et 3 ont regroupé des individus à propagules courtes et de faible poids (en moyenne 23 cm et 24 g), présentant un taux de germination faible (environ 65%) avec des plantules à croissance lente. Les types morphologiques 2 et 4 paraissent donc intéressants pour les stratégies de restauration des mangroves avec *R. racemosa* dans le site Ramsar 1017.

Mots clés : Mangrove, Restauration, Morphotypes, Performances de croissance, Bénin.

Germination and growth of morphological types of Red Mangrove propagules (*Rhizophora racemosa*) from Ramsar Site 1017 in Benin

Abstract: *Rhizophora racemosa* is a mangrove species in Benin. It is very vulnerable in its biotope because of the pressure of local communities for the exploitation of its wood (energy and service). For its conservation, the trials of plantation have failed because of the quality of the used plants. This study assesses the germination and growth of *R. racemosa* propagules from mangrove populations at Ramsar site 1017. 1200 propagules were collected and measured regarding to their weight, length and thickness. Ascending Hierarchical Classification followed by Canonical Discriminant Analysis were applied to group the propagules by morphological type and to describe the differences between these morphological types. A repeated measures analysis of variance was performed on the germination and growth data to characterize these morphological types. Four morphological types (1, 2, 3 and 4) have been described. The morphological types 2 and 4 were tree individuals with long and heavy propagules (on average 29 cm and 35 g), exhibiting a high germination rate (around 80%) and fast-growing seedlings. However, morphological types 1 and 3 grouped together individuals with short propagules and low weight (on average 23 cm and 24 g), displaying a low germination rate (around 65%) and slow-growing seedlings. Indeed, morphological types 2 and 4 seem to be interesting for mangrove restoration strategies with *R. racemosa* in Ramsar site 1017.

Keywords: Mangrove, Restoration, Morphotypes, Growth performance, Benin.

1. Introduction

Les mangroves sont des écosystèmes naturels constitués de palétuviers qui fournissent à la population des produits et services directs tels que le bois de construction, le bois énergie et les tanins (Folega et al., 2017). Elles jouent des fonctions écologiques, socio-économiques et de régulation du climat (Gnansounou et al., 2022 ; Teka et al., 2018 ; Duarte et al., 2013 ; Huxham, 2010). Cependant, les pressions démographiques ont conduit à une augmentation des besoins humains au cours des dernières décennies, entraînant la déforestation et la dégradation des écosystèmes de mangroves (Adanguidi et al., 2020 ; Folega et al., 2017, Alexandris et al., 2013 ; Armah et al., 2010 ; Maoulana-Abbas, 2009). La dégradation des mangroves a connu une accélération alarmante ces dernières années, ce qui constitue un souci pour l'humanité (Zanvo et al., 2021 ; Ellison, 2008). Selon les prévisions actuelles, environ 70 % de ces mangroves pourraient disparaître d'ici 2070 si aucune action n'est entreprise (Dieye et al., 2013 ; 2011).

Au Bénin, les mangroves du site Ramsar 1017 sont caractérisées par deux espèces de palétuviers, *Rhizophora racemosa* (G.) Meyer et *Avicennia germinans* (L.) L. (Sinsin et al., 2018 ; Adjakidjè et Sokpon, 2001). Malgré les nombreuses actions entreprises pour leur conservation, ces mangroves font face à plusieurs menaces d'origine anthropique (Padonou et al., 2021 ; Adanguidi et al., 2020 ; Sinsin et al., 2018 ; Yo et al., 2018). La situation s'aggrave dans plusieurs localités à cause des coupes intensives des palétuviers pour la satisfaction des besoins domestiques, la production de sel,

le mareyage et pour l'installation des engins de pêche (Adanguidi et al., 2020 ; Yo et al., 2018). Par exemple, entre 1995 et 2015, la superficie des mangroves est passée de 13.306,05 ha à 9.452,5209 ha, soit une perte de plus de 20 % de leur superficie en 20 ans (Sinsin et al., 2018 ; Orekan et al., 2019) avec un taux annuel de dégradation de 3,1% qui est supérieur au taux global de 0,16% (Friess et al., 2019). Pour restaurer et préserver l'écosystème des mangroves du site Ramsar 1017, la reforestation des zones dégradées est nécessaire (Padonou et al. ; 2021 ; Sinsin et al., 2018). Le site renferme des formations végétales écologiquement uniques et constituées des mangroves dominées par *Rhizophora racemosa* (Sinsin et al., 2018 ; Adjakidjè et Sokpon, 2001) et des cocoteraies qui ont toujours joué des rôles écologiques, économiques et socio-culturels importants pour les communautés vivant dans la zone (Sinsin et al., 2018 ; FAO, 2007).

Selon les rapports techniques et les observations, un important taux de mortalité est observé lors des essais de restauration des mangroves par plantation. En effet, l'une des causes de cette mortalité des plants de palétuvier mis en terre est l'affectation inappropriée du matériel végétal (Ewel & Baldwin, 2022 ; Proffitt & Travis, 2010). La croissance des plantules et leur survie en plantation seraient fortement influencées par les conditions ectopiques des semences (Diallo et al., 2020). Ainsi, le site de provenance des propagules servant à la production des plants a une influence significative sur la survie des plants mis en terre (Sinsin et al., 2022). Dans ce contexte, il est essentiel de caractériser le matériel végétal en termes de paramètres des propagules, de la germination et de la croissance des plantules afin

d'identifier les types morphologiques performants (Diallo et al., 2020).

C'est dans cette optique que la présente étude a été effectuée pour servir de référence pour la restauration et la gestion durable des mangroves du site Ramsar 1017 au Bénin. Elle vise spécifiquement à i) évaluer le niveau de variabilité au niveau des propagules de *R. racemosa*, ii) comparer le taux de germination des propagules et la vitesse de croissance des plantules issues des différents types morphologiques de propagule.

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieu d'étude

L'étude a été effectuée sur le Site Ramsar 1017 qui est situé entre 1°52'10''E et 6°40' N. Il s'étend sur une superficie d'environ 524 289 ha (<https://rsis.ramsar.org/fr/rsis/1017>) et se trouve à cheval sur trois départements que sont l'Atlantique, le Mono et le Couffo (Figure 1). Le matériel végétal a été collecté dans les localités de Adounko, Hio (département de l'Atlantique),

Avlo, et Sèhougato (département du Mono). Le climat de la région est du type subéquatorial avec une succession de quatre saisons dont deux saisons sèches et deux saisons pluvieuses. Les sols sont majoritairement caractérisés par une formation géologique récente, présentant encore des caractéristiques liées à une évolution permanente. La population humaine recensée dans le site est d'environ 89212 habitants, avec une proportion de 40,65 % d'hommes (INSAE, 2016). Elle est essentiellement rurale et la majorité des habitants sont des pêcheurs et des mareyeuses, avec comme ethnie dominante les Xwla (INSAE, 2016).

2.2. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué des propagules et des plantules issues de la germination des dites propagules (Figure 2). Les propagules ont été collectées au pied des arbres-mères de *R. racemosa* provenant de quatre populations. Chaque population a été circonscrite à l'une des quatre localités (Adounko, Avlo, Hio et Sèhougato).

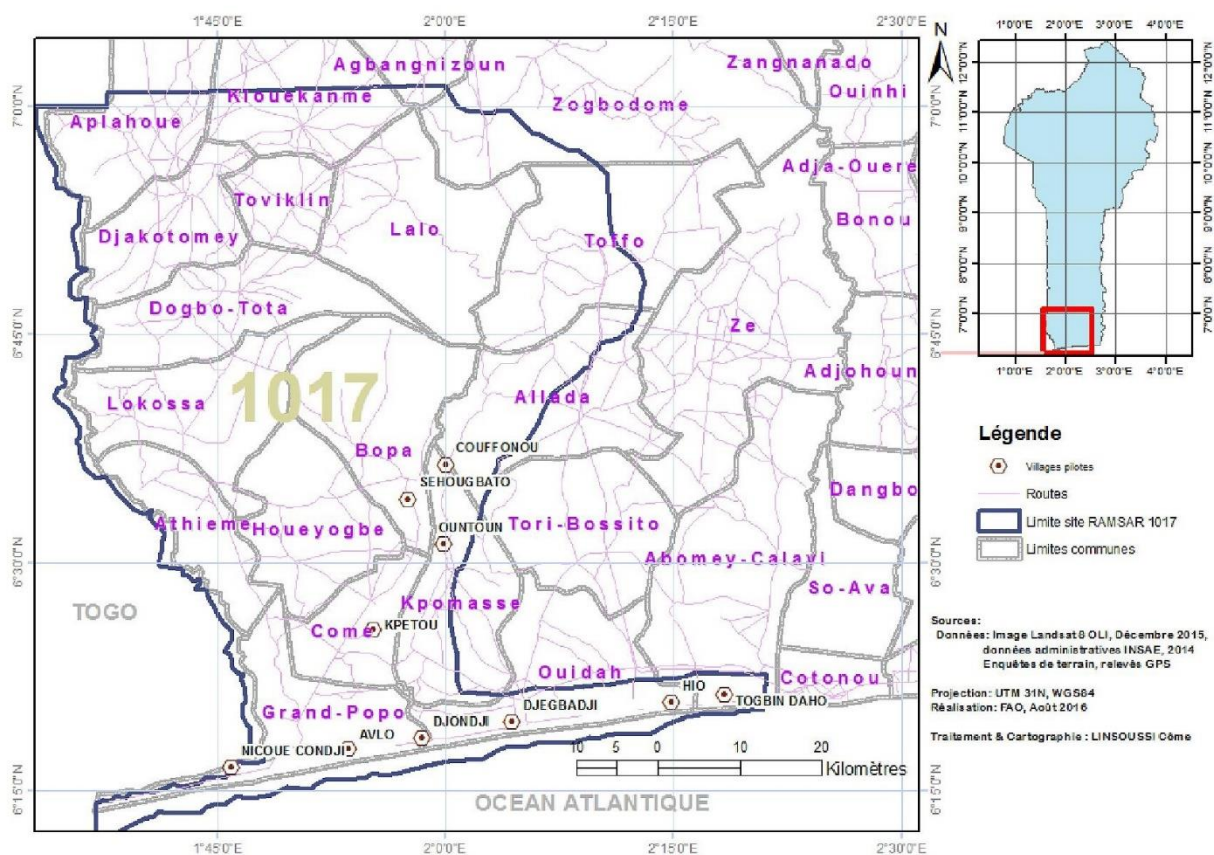


Figure 1 : Localisation du site Ramsar 1017 au sud Bénin / Location of Ramsar Site 1017 in southern Benin



Figure 2 : Propagules et plantules de *R. racemosa* immergées dans l'eau / Propagules and seedlings of *R. racemosa* submerged in water

2.3. Collecte de données

Les propagules mûres ont été collectées au pied de 120 arbres échantillonnés et qui sont espacés les uns des autres d'au moins 100 mètres afin d'éviter la collecte d'individus génétiquement proches (Assogbadjo et al., 2006). Dix (10) propagules matures ont été mesurées par arbre et sur chaque propagule, les mesures morphométriques et pondérales (poids, longueur et épaisseur) sont prises. Au sein de chaque type morphologique, 30 propagules sélectionnées de façon aléatoire ont été semées dans 30 pots individuels (une propagule par pot) en polyéthylène de 18 cm de longueur sur 5,5 cm de largeur. Les pots ont été remplis préalablement avec un sol de type sablo-vaseux et immergés à un tiers dans l'eau des mangroves. Au total, 40 propagules ont été utilisées par unité expérimentale, avec 10 propagules par type morphologique. Le dispositif expérimental était un Bloc Aléatoire Complet (BAC) avec trois répétitions (Figure 3). Aucun arrosage n'a été effectué car le dispositif était déjà immergé dans l'eau. Le nombre de propagules germées a été compté quotidiennement jusqu'à la fin de l'expérimentation qui a duré 45 jours pour évaluer le taux de germination, la fin de germination et la durée de germination. A la fin de la période de germination, le diamètre au collet, la hauteur des plantules et le nombre de feuilles ont été mesurés chaque semaine durant six semaines.

2.4. Analyse des données

Les données relatives au poids, à la longueur et à l'épaisseur des propagules ont été soumises à une Classification Ascendante Hiérarchisée (CAH) avec le

logiciel statistique SAS 9.1 (SAS Institute Inc., 2003), afin de regrouper les propagules par type morphologique. La CAH est une méthode de classification dont le principe est de regrouper des individus selon leurs ressemblances et les représenter sous la forme d'un arbre de classification appelé dendrogramme. Le nombre de groupes n'est pas connu a priori. L'élaboration de cet arbre est ascendante, par regroupements successifs des individus.

Ensuite, une Analyse Canonique Discriminante (ACD) a été réalisée sur les types morphologiques obtenus afin de décrire les différences entre les types morphologiques. L'ACD est une technique statistique multivariée qui permet d'identifier les différences entre groupes d'individus et d'améliorer la compréhension des relations entre les variables mesurées au sein de ces groupes (Cruz-Castillo et al., 1994). L'ACD exige que les données au sein des groupes aient des distributions normales multivariées (Glèlè Kakaï et al., 2006). Cependant, les hypothèses de normalité et d'homogénéité ne sont pas toujours considérées comme des préalables absolus pour l'utilisation de l'ACD (Cliff, 1987 ; Kendall, 1975 ; Krzanowski, 1988).

Enfin, une analyse de variance sur mesures répétées (Crowder et Hand, 1990) a été effectuée sur les données de germination et de croissance en rapport avec les types morphologiques. L'analyse de la variance sur mesures répétées est une méthode statistique de comparaison des moyennes d'une variable mesurée par intervalle de temps sur les mêmes individus de deux ou plusieurs populations. Les conditions préalables (normalité et homogénéité) ont été vérifiées par le test de Ryan-Joiner pour la normalité et celui de Levene pour l'homogénéité (Glèlè Kakaï et al., 2006). Les moyennes ajustées des différentes variables (taux de germination, nombre de feuilles, hauteur et diamètre au collet des plantules) ont été utilisées pour générer, à l'aide d'Excel, des courbes de tendance illustrant la variation du taux de germination, du nombre de feuilles, de la hauteur et du diamètre au collet par type morphologique au fil du temps.

3. Résultats

3.1. Types morphologiques

Quatre types morphologiques de *R. racemosa* ont été identifiés par la CAH effectuée avec 85% des informations recueillies sur l'ensemble des propagules (Figure 4).

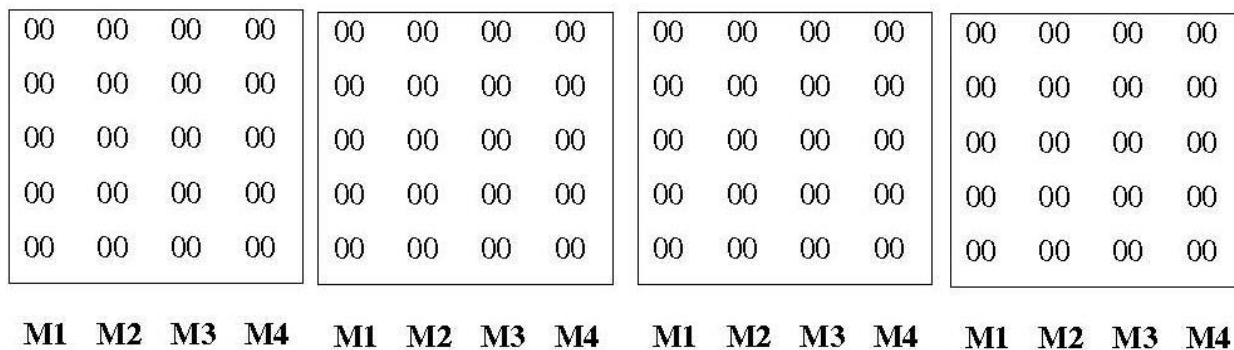


Figure 3 : Dispositif expérimental / Experimental design

○ : Pot ; M1 : type morphologique 1 ; M2 : type morphologique 2 ; M3 : type morphologique 3 ; M4 : type morphologique 4
 ○ : Pot ; M1 : morphological type 1 ; M2 : morphological type 2 ; M3 : morphological type 3 ; M4 morphological type 4.

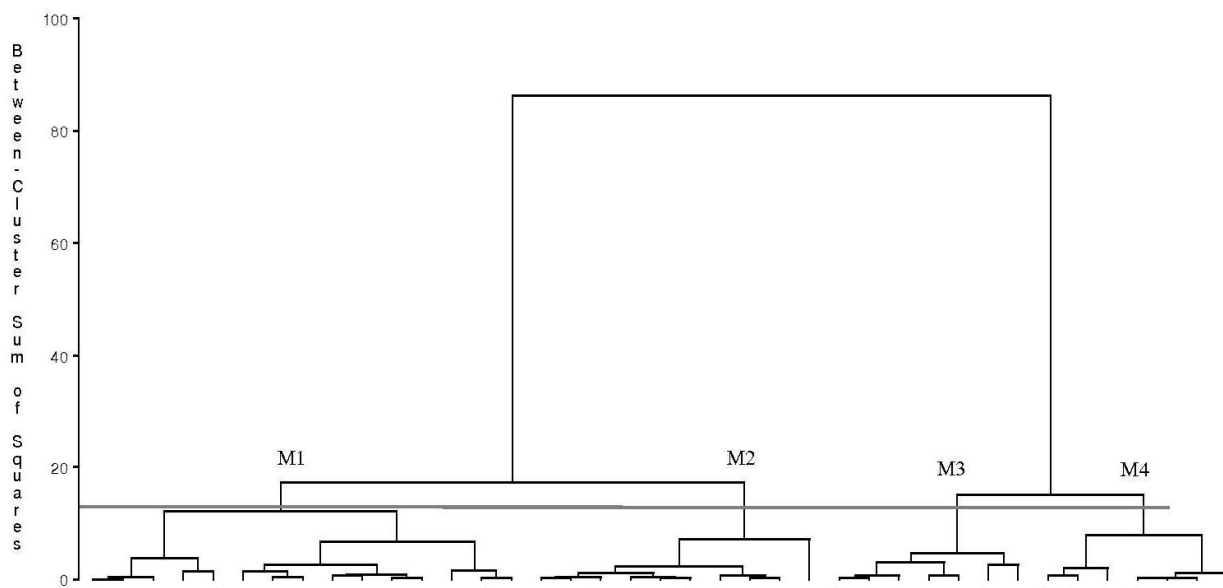


Figure 4 : Dendrogramme de classification des types morphologiques de propagules de *R. racemosa* / Dendrogram of clustering of *R. racemosa* propagules morphological types

M1 : type morphologique 1 ; M2 : type morphologique 2 ; M3 : type morphologique 3 ; M4 : type morphologique 4
 M1 : morphological type 1 ; M2 : morphological type 2 ; M3 : morphological type 3 ; M4 morphological type 4.

La distance de Mahalanobis entre les types morphologiques deux à deux est significative au seuil de 1‰ (Tableau 1), ce qui signifie que les types morphologiques sont significativement distincts les uns des autres. La projection des types morphologiques dans les deux premiers axes canoniques représente 95,48% des informations. Le premier axe canonique est corrélé positivement avec les variables longueur des propagules ($r=0,67$), poids ($r=0,97$) et grande épaisseur ($r=0,80$)

tandis que le second axe canonique est corrélé avec la variable petite épaisseur ($r=0,81$).

Les types morphologiques 2 et 4 sont positivement corrélés à l'axe 1 (Figure 5) contrairement aux types morphologiques 1 et 3. Ainsi, les types morphologiques 2 et 4 regroupent les propagules les plus longues, larges et massives (Tableau 2, Figure 5), tandis que les types morphologiques 1 et 3 sont les plus courts, les plus légers et à petite épaisseur (Tableau 2, Figure 5).

3.2. Germination des propagules issues des différents types morphologiques

La germination des propagules de l'ensemble des types morphologiques a démarré le 21^e jour (délai de la germination) et s'est achevé le 29^e jour après les semis avec une durée de germination de 9 jours. L'analyse de variance sur mesures répétées (Tableau 3) indique une différence très significative de l'effet du temps sur la germination des propagules ((F = 64,86 ; p= 0,0001). Cela signifie que le nombre de propagules germées a varié significativement dans le temps (Figure 6). Cependant, le facteur type morphologique des propagules,

et le facteur blocs n'ont eu aucun effet sur la germination des propagules de *R. racemosa* (Tableau 3). Cela traduit donc une homogénéité de la germination entre les blocs et entre les types morphologiques de propagules. Toutefois, pendant les trois premiers jours après la première germination (Figure 6), les types morphologiques 3 et 4 ont présenté une germination plus élevée que les types morphologiques 1 et 2. A partir du 3^e jour après la première germination jusqu'à la fin de la durée de germination (9 jours), les types morphologiques 1, 2 et 4 ont montré une germination plus élevée que le type morphologique 3 (Figure 6).

Tableau 1 : Distance de Mahalanobis entre les types morphologiques de propagules de *R. racemosa* / Mahalanobis distance between *R. racemosa* propagule morphological types

Types morphologiques	1	2	3	4
1	0,00ns	8,12***	6,69***	17,94***
2	8,12***	0,00ns	7,32***	7,06***
3	6,69***	7,32***	0,00ns	23,83***
4	17,94***	7,06***	23,83***	0,00ns

1 : type morphologique 1; 2 : type morphologique 2; 3 : type morphologique 3 ; 4 type morphologique 4. ns : non significatif, *** significatif à 0,001

1 : morphological type 1; 2 : morphological type 2; 3 : morphological type 3 ; 4 morphological type e 4. ns : not significant, *** significant at 0.001

Tableau 2 : Caractéristiques des types morphologiques de propagules de *R. racemosa* / Characteristics of *R. racemosa* propagule morphological types

Variables	M 1		M 2		M 3		M 4	
	m	s	m	s	m	s	m	s
Longueur (cm)	23,21	1,33	29,29	1,59	23,71	3,82	29,13	2,83
Grande épaisseur (mm)	14,20	1,22	14,53	1,69	13,46	1,14	16,22	1,81
Petite épaisseur (mm)	8,66	2,19	7,66	2,69	6,98	1,87	8,06	2,55
Poids (g)	25,97	3,78	31,97	3,02	23,61	3,72	39,60	4,03

M : Type morphologique ; m : moyenne ; s : écart type.

M : Morphological type ; m: mean ; s: standard deviation.

Tableau 3 : Analyse de variance sur mesures répétées de la germination de *R. racemosa* / Analysis of variance on repeated measurements of *R. racemosa* germination

Source	DL	Carré moyen	F
Blocs	2	2,10	2,05ns
Types morphologiques	3	0,64	0,62ns
Temps	8	5,73	64,86***
Blocs×Types Morphologiques	6	0,91	0,89ns
Temps ×Blocs	16	0,03	0,40ns
Temps×Types Morphologiques	24	0,09	1,11ns
Temps×blocs×Types Morphologiques	48	0,09	1,06ns
Erreur	640	0,08	

DL : Degré de liberté ; F : valeur de Fisher ; ns : non significatif ; *significatif à 0,05 ; ** significatif à 0,01 ; *** significatif à 0,001

DL: Degree of freedom ; F: Fisher value ; ns : not significant ; *significant at 0.05 ; **significant at 0.01 ; ***significant at 0.001

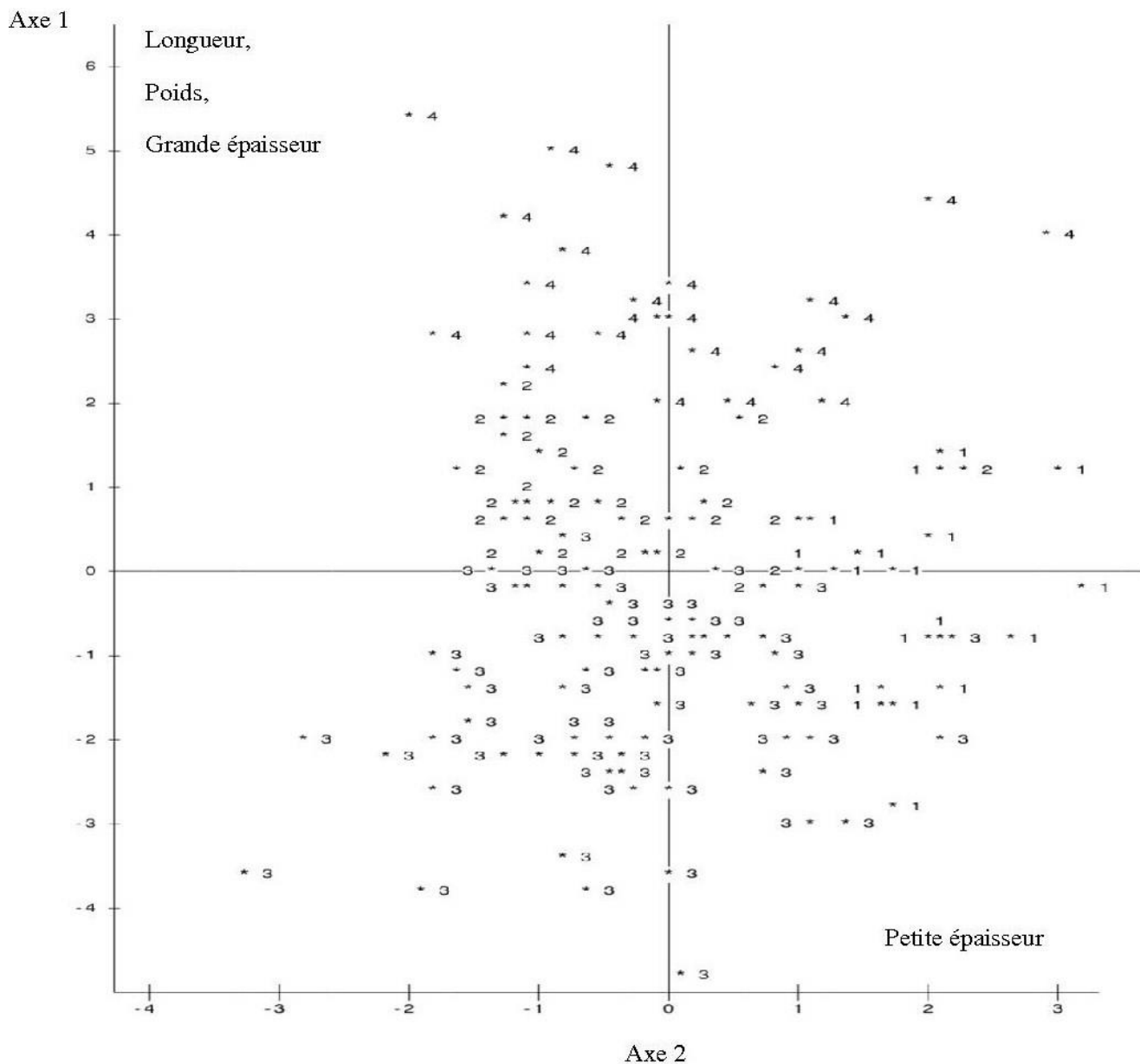


Figure 5 : Représentation des quatre types morphologiques de *R. racemosa* dans le plan factoriel / Positioning of the four *R. racemosa* morphological types in the factorial plane

1 : type morphologique 1 ; 2 : type morphologique 2 ; 3 : type morphologique 3 ; 4 type morphologique 4. Longueur, poids, grande épaisseur, petite épaisseur

1 : morphological type 1 ; 2 : morphological type 2 ; 3 : morphological type 3 ; 4 morphological type 4. Length, weight, large thickness, small thickness

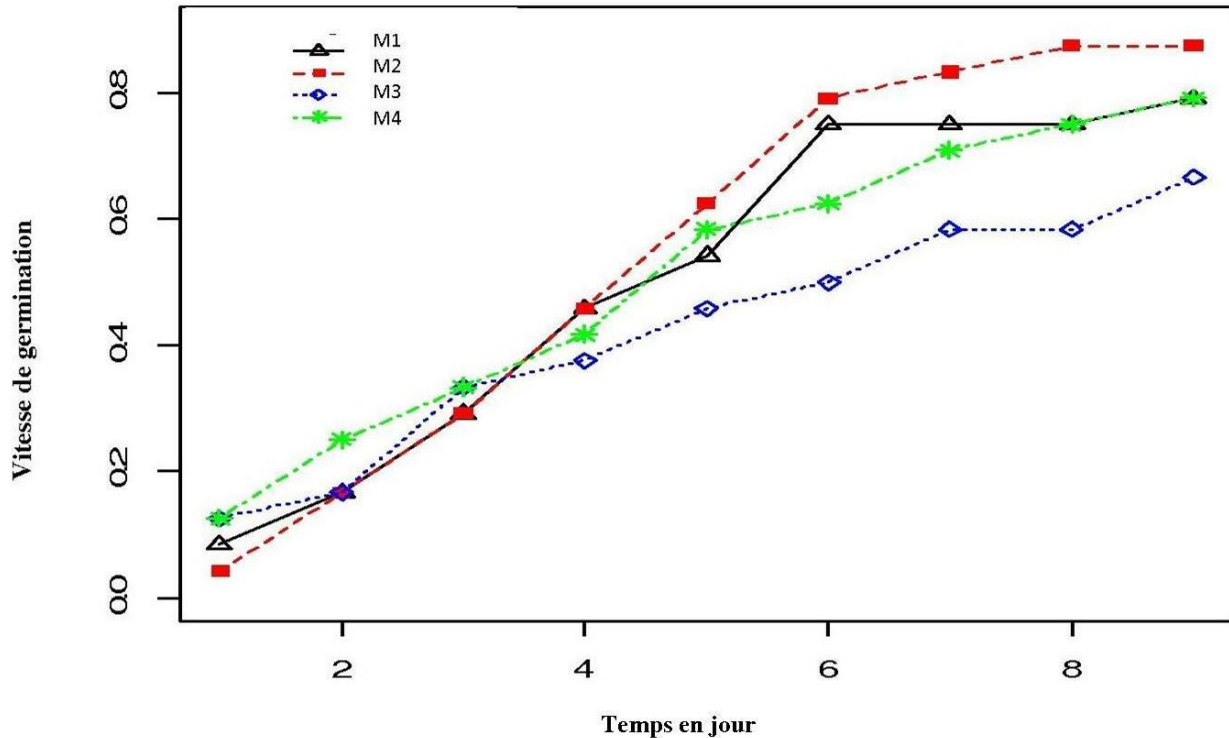


Figure 6 : Dynamique de germination des propagules de *R. racemosa* / Germination dynamics of *R. racemosa* propagules

Temps en jour ; M1 : type morphologique 1 ; M2 : type morphologique 2 ; M3 : type morphologique 3 ; M4 : type morphologique 4

Time in day ; M1 : morphological type 1 ; M2 : morphological type 2 ; M3 : morphological type 3 ; M4 morphological type 4.

3.3. Croissance des plantules des différents types morphologiques

La croissance des plantules des quatre types morphologiques de *R. racemosa* en termes de nombre de feuilles, hauteur totale des plants et diamètre au collet a varié de la fin de la période de germination (29^e jour) au 59^e jour (Figure 7). L'analyse de variance sur mesures répétées a indiqué un effet très significatif du temps, sur le diamètre au collet, la croissance en hauteur des plantules et le nombre de feuilles (Tableau 4). Cela traduit une croissance significative des plantules en termes de diamètre au collet (Figure 7a), hauteur (Figure 7b) et nombre de feuilles (Figure 7c) dans le temps. La hauteur et le nombre de feuilles ont significativement augmenté à partir de la deuxième semaine alors

que l'augmentation du diamètre a été observée à partir de la quatrième semaine. L'effet des blocs n'est pas significatif de façon globale. Cela témoigne donc que les blocs sont homogènes en ce qui concerne la croissance des plantules des différents types morphologiques. Les effets des interactions entre les blocs, le temps et les types morphologiques sont globalement significatifs (Tableau 4), ce qui montre qu'il existe une différence dans la croissance des différents types morphologiques entre les blocs dans le temps. De façon globale, les types morphologiques 2 et 4 ont présenté une forte croissance du diamètre au collet contrairement au type morphologique 3 (Figure 7a). La même tendance a été observée avec la hauteur (Figure 7b) et le nombre de feuilles (Figure 7c).

Tableau 4: Analyse de variance sur mesures répétées pour les paramètres de croissance de *R. racemosa* / Analysis of variance on repeated measurements for *R. racemosa* growth parameters

Source de variation	Diamètre			Hauteur		Nombres de feuilles	
	DL	Carré moyen	F	Carré moyen	F	Carré moyen	F
Temps	4	0,48	63,91***	1082,43	365,52***	48,87	101,73***
Blocs	2	21,51	1,29ns	32,66	1,84ns	27,70	3,72**
Types Morphologiques	3	36,57	2,20*	53,05	2,98**	23,47	3,15**
Blocs×Types Morphologiques	6	32,81	1,97*	23,10	1,30ns	8,90	1,2 ns
Temps×Blocs	8	0,03	3,98***	2,57	0,87 ns	6,27	3,04***
Temps×Types Morphologiques	12	0,01	1,19 ns	12,07	4,08***	0,93	1,96**
Temps×Blocs×Types Morphologiques	24	0,01	1,59**	5,28	1,78**	0,76	1,6**

DL : Degré de liberté ; F : valeur de Fisher ; ns : non significatif ; *significatif à 0,05 ; **significatif à 0,01 ; *** significatif à 0,001

DL: Degree of freedom; F: Fisher value; ns: not significant; *significant at 0.05; **significant at 0.01; ***significant at 0.001

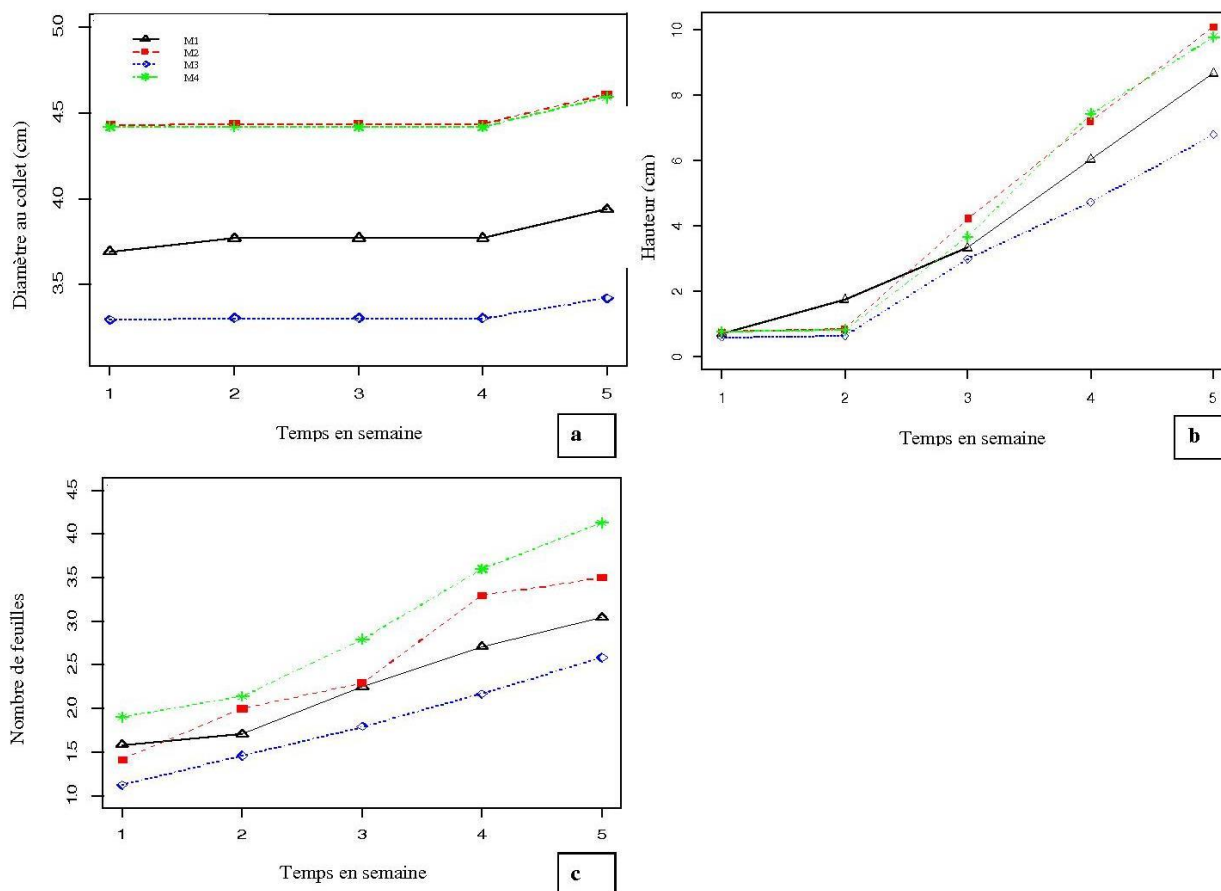


Figure 7 : Variation du diamètre (a), de la hauteur (b) et du nombre de feuilles (c) de *R. racemosa* / Variation in diameter (a), height (b) and number of leaves (c) of *R. racemosa*

Temps en semaine. M1 : type morphologique 1 ; M2 : type morphologique 2 ; M3 : type morphologique 3 ; M4 : type morphologique 4

Time in week; M1: morphological type 1; M2: morphological type 2; M3: morphological type 3; M4: morphological type 4.

4. Discussion

4.1. Variation morphologique des propagules

L'étude sur la caractérisation des propagules de *R. racemosa* a identifié quatre types morphologiques de propagules sur le site Ramsar 1017 au Bénin. Ces types morphologiques sont significativement distincts les uns des autres compte tenu des traits morphologiques considérés. Des études similaires (Padonou et al., 2014 ; 2013 ; Assogbadjo et al., 2011 ; Fandohan et al., 2011) ont révélé des variations morphologiques liées aux conditions environnementales dans le cas d'autres espèces végétales (*Jatropha curcas*, *Azizelia africana*, *Adansonia digitata* et *Tamarindus indica*). En effet, ces variations peuvent être attribuées aux différences climatiques et aux gradients écologiques. Dans le cas des propagules de *R. racemosa*, les variations observées entre les types morphologiques seraient liées uniquement au gradient écologique au sein des écosystèmes de mangroves du site Ramsar 1017 où les propagules ont été collectées, puisque ledit site se trouve dans une région climatique unique. Il existe une variation pédologique, du niveau de salinité, et du niveau d'eau au sein des écosystèmes de mangroves de ce site (Sinsin et al., 2018) en plus de l'âge des palétuviers sur lesquels les propagules ont été récoltées. Par ailleurs, excepté l'âge, le sol et le climat de la localité d'origine des arbres, la vigueur et le génotype des parents sont des facteurs importants pouvant affecter les caractéristiques des fruits (Salazar & Quesada, 1987). Ainsi, la variation observée au niveau des propagules pourrait également être due à des facteurs génétiques, car en plus de la variation observée au niveau des propagules, on a constaté une différence entre les paramètres de germination, hauteur, nombre de feuilles et diamètre lors de la croissance en pépinière.

4.2. Germination et croissance des plantules

Les types morphologiques ont eu un effet très significatif sur la germination des propagules de *R. racemosa*. Cela indique qu'il existe une différence au niveau du pouvoir germinatif des propagules selon leur morphologie. A la fin de la période de germination (29^e jour), les types morphologiques 2 (84%) et 4 (78%) ont cumulé un fort taux de germination (figure 6). En effet, la taille et la forme des propagules influencent positivement leur germination (Padonou et al., 2014 ; 2013). Ainsi le fort taux de germination obtenu pour les propagules des types morphologiques 2 et 4 peut être attribué à leur taille. De plus, les plantules issues des propagules plus larges et plus lourdes ont une croissance plus rapide que celles issues de propagules plus courtes et légères. Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus par Padonou et al. (2014 ; 2013) qui ont révélé que les plantules issues des graines les plus larges et les plus lourdes ont une croissance plus rapide que celles issues

de graines plus courtes et légères. Les graines les plus larges et plus lourdes contiennent davantage de réserves de photosynthèse qui stimulent la croissance des plants (Rai & Tripathi, 1982 ; Mamo et al., 2006). Cette observation pourrait également s'appliquer aux propagules de *R. racemosa*.

Par ailleurs, Hatzig et al. (2015) ont montré que certains gènes sont associés à la vitesse de germination, au taux de germination et à la croissance des plantes. Cela pourrait être également le cas pour *R. racemosa*. Il est donc possible que des facteurs génétiques influencent les différences observées au niveau des propagules de *R. racemosa* en réponse aux conditions environnementales (Mathur et al., 1984).

La prise en compte de ces observations pourrait permettre une meilleure restauration des mangroves sur le site Ramsar 1017 du Bénin.

5. Conclusion

Une variation significative a été observée entre les propagules de *R. racemosa* des mangroves du site Ramsar 1017 en termes de taille, de taux de germination et de croissance des plantules. Les types morphologiques 2 et 4, caractérisés par des propagules plus longues et plus lourdes, ont démontré une performance élevée en matière de germination et de croissance des plantules. Compte tenu des services écosystémiques fournis par les mangroves et dans un souci de conservation optimale, la restauration des mangroves avec *R. racemosa* devrait tenir compte de ces caractéristiques.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les populations locales pour leur collaboration pertinente dans l'accomplissement de cette recherche.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Rôles	Noms des auteurs
Conception de l'étude	Padonou E.A.
Collecte des données	Padonou E.A., Adjovi R., Kolawolé M.A.
Analyse des données	Padonou E.A., Akakpo B.A.
Acquisition de financement	Padonou E.A.
Méthodologie	Padonou E.A.
Gestion du projet	Padonou E.A.
Supervision	Padonou E.A., Gbesso G.H.F
Rédaction manuscrit initial	Padonou E.A., Akakpo B.A., Adjovi R.
Révision et édition manuscrit	Padonou E.A., Akakpo B.A., Akabassi G.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- Adanguidi J., Padonou E. A., Zannou A., Hougbo S. B., Saliou I. O. & Agbahoungba S. 2020. Fuelwood consumption and supply strategies in mangrove forests-Insights from RAMSAR sites in Benin. *Forest Policy and Economics*, 116: 102192. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102192>
- Adjakidjè V. & Sokpon N. 2001. Caractérisation de la flore et de la végétation des complexes Est et Ouest des zones humides. Rapport de consultation PAZH-Bénin.
- Alexandris N., Chatenoux B., Lopez Torres L. & Peduzzi P. 2013. Monitoring mangrove restoration from space. UNEP/GRID-Geneva.
- Armah A. K., Diame A., Gordon A. & James Kairo J. 2010. Protection des mangroves : Le rôle du Réseau africain des mangroves. *Nature & Faune*, 24(1) : 27-51.
- Assogbadjo A. E., Glele Kakai R., Edon S., Kyndt T., Sinsin B. 2011. Natural variation in fruit characteristics, seed germination and seedling growth of *Adansonia digitata* L. in Benin. *New Forests*, 41: 113-125.
- Assogbadjo A. E., Kyndt T., Sinsin B., Gheysen G., & Van Damme P. 2006. Patterns of genetic and morphometric diversity in baobab (*Adansonia digitata*) populations across different climatic zones of Benin (West Africa). *Annals of botany*, 97(5) : 819-830. <https://doi:10.1093/aob/mcl043>
- Cliff N. 1987. Analyzing multivariate data. Harcourt Brace Jovanovich.
- Crowder M. J. & Hand D. J. 1990. Analysis of Repeated Measures, Chapman and Hall, London, UK, 257 pages.
- Cruz-Castillo J. G., Ganeshanandam S., Mackay B. R., Lawes G. S., Lawoko C. R. O. & Woolley D. J. 1994. Applications of canonical discriminant analysis in horticultural research. *Horticultural Science*, 29: 1115-1119.
- Diallo F. A., Sandwidi A., Dao M. E. C., Bationo-Kando P. & Diallo B. O. 2020. Caractérisation phénotypique des plantules de quatre populations de *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst. au Burkina Faso. *Bois et Forêts des Tropiques*, 344: 33-46. <https://doi.org/10.19182/bft2020.344.a31898>
- Dieye E. B., Diaw A. T., Sane T. & Ndour N. 2013. Dynamique de la mangrove de l'estuaire du Saloum (Sénégal) entre 1972 et 2010. *Cybergeo : European Journal of Geography*, [En ligne], Environnement, Nature, Paysage, document 629, mis en ligne le 09 janvier 2013, consulté le 03 Mars 2022. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.25671>
- Dieye E. B., Diaw A. T., Sane T., Sy O. & Dioh P. 2011. Changement climatique et évolution de la mangrove dans la lagune de Joal-Fadiouth (Sénégal). XXIVème Colloque International de l'Association Internationale de Climatologie, Rovereto, Italie : 183-188.
- Duarte C. M., Losada I. J., Hendriks I. E., Mazarrasa I. & Marba N. 2013. The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. *Nature Climate Change*, 3: 961-968. <https://doi.org/10.1038/nclimate1970>
- Ellison M. A. 2008. Managing mangroves with benthic biodiversity in mind: Moving beyond roving banditry. *Journal of Sea Research*, 59: 2-15.
- Ewel K. C. & Baldwin J. 2022. Long-term patterns of growth and survival of mangrove seedlings in Micronesia. *Hydrobiologia*, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s10750-022-05041-1>
- Fandohan B., Assogbadjo A. E., Glèlè Kakai R., Kyndt T. & Sinsin B. 2011. Quantitative morphological descriptors confirm traditionally classified morphotypes of *Tamarindus indica* L. fruits. *Genetical Resources and Crop Evolution*, 58: 299-309.
- FAO 2007. The world mangrove 1985-2005: A thematic study conducted in the framework of the Global Forest Resources Assessment. Forestry paper, Rome, Italy, 153 pages.
- Folega F., Rakotonrasoa M. A., Wala K., Woegan Y. A., Kanda M., Pereki H., Polo-Akpiisso A., Batawila K. & Akpagana K. 2017. Écologie et dynamique spatio-temporelle des mangroves au Togo. *Vertigo – la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 17 numéro 3 | décembre 2017, mis en ligne le 15 décembre 2017, consulté le 02 avril 2018. <https://doi.org/10.4000/vertigo.18791>
- Glele Kakai R., Sodjinou E. & Fonton H. N. 2006. Conditions d'Application des Méthodes Statistiques Paramétriques, Bibliothèque Nationale, Cotonou, Bénin. 94 pages.
- Gnansounou C., Sagoe A. A., Agbeko P., Mattah D., Aheto D. W., & Glele Kakai L. R. (2022). Mangrove Ecosystem Services, Associated Threats and Implications for Wellbeing in the Mono Transboundary Biosphere Reserve (Togo-Benin), West-Africa. *Sustainability*, 14(4): 2438; <https://doi.org/10.3390/su14042438>
- Hatzig S. V., Frisch M., Breuer F., Nesi N., Ducournau S., Wagner M. H., & Snowdon R. J. 2015. Genome-wide association mapping unravels the genetic control of seed germination and vigor in *Brassica napus*. *Frontiers in plant science*, 6(221): 1-13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00221>
- Huxham M. 2010. Intra- and interspecific facilitation in mangroves may increase resilience to climate change threats. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 365: 2127-2135.
- INSAE 2016. Effectif de la population des villages et quartiers de villes du Bénin., RGPH 4, République du Bénin.
- Kendall M. 1975. *Multivariate Analysis*. Charles Griffin, London.
- Krzanowski W. J. 1988. *Principles of multivariate analysis. A user's perspective*. Clarendon Press, Oxford.
- Mamo N., Mihretu M., Fekadu M., Tigabu M. & Teketay D. 2006. Variation in seed and germination characteristics among *Juniperus procera* populations in Ethiopia. *Forest ecology and management*, 225(1-3): 320-327.

- Maoulana-abbas S. 2009. Diagnostic géobotanique et impacts anthropiques sur le paysage de la mangrove dans la baie de Toliara. Thèse de doctorat en Géographie, Université de Tuléar, Madagascar, 75 pages.
- Mathur R. S., Sharma K. K. & Rawat M. M. S. 1984. Germination behaviour of provenances of *Acacia nilotica* subsp. *indica*. Indian Forester, 110: 435-449.
- Orekan V., Plagbeto H., Edea E. et Sossou M. 2019. Evolution Actuelle Des écosystèmes De Mangrove Dans Le Littoral Béninois. *Conférence OSFACO : Des Images Satellites Pour La Gestion Durable Des Territoires En Afrique*, 1-15. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02189536>
- Padonou A. E., Gbaï N. I., Kolawole A. M., Idohou R., & Toyi M. 2021. How far are mangrove ecosystems in Benin (West Africa) conserved by the Ramsar Convention? Land Use Policy, 108: 105583. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105583>
- Padonou E. A., Kassa B., Assogbadjo A. E., Fandohan B., Chakeredza S., Glèlè Kakaï R. & Sinsin B. 2014. Natural variation in fruit characteristics and seed germination of *Jatropha curcas* in Benin, West Africa. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 89(1): 69-73.
- Padonou E. A., Kassa B., Assogbadjo A. E., Chakeredza S., Babatoundé B. & Glèlè-Kakaï R. 2013. Differences in germination capacity and seedling growth between different seed morphotypes of *Azelia africana* Sm. in Benin. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 88: 679-684.
- Proffitt C. E. & Travis S. E. 2010. Red Mangrove Seedling Survival, Growth, and Reproduction: Effects of Environment and Maternal Genotype. *Estuaries and Coasts*, 33: 890-901. <https://doi.org/10.1007/s12237-010-9265-6>
- Rai J. P. N. & Tripathi R. S. 1982. Adaptive significance of seed reserves in ray achenes of *Galinsoga parviflora* Cav. *Experientia*, 38(7): 804-805.
- Salazar R., Quesada M. 1987. Provenance Variation in *Guazuma ulmifolia* L. in Costa Rica. *The Commonwealth Forestry Review*, 66: 317-324.
- SAS Institute Inc. 2003. SAS OnlineDoc® 9.1.SAS Institute Inc., Cary, NC., USA
- Sinsin, L.C.B., Salako, K.V., Tohoun, R.J. et al. Survival, Growth, and Productivity of *Rhizophora racemosa* Transplanted in Natural Ecosystems: Implications for Mangrove Restoration. *Wetlands*, 42(6) : 1-15. <https://doi.org/10.1007/s13157-022-01583-1>
- Sinsin B., Assogbadjo A. E., Tente B., Yo T., Adanguidi J., Lougbegnon T., Ahouansou S., Sogbohossou E., Padonou E. A. & Agbani P. 2018. Inventaire floristique et faunique des écosystèmes de mangroves et des zones humides côtières du Bénin. FAO & Laboratoire d'Ecologie Appliquée, Bénin, ISBN 978-92-5-103148-7 (FAO-Bénin).
- Teka O., Houessou L. G., Djossa B. A., Bachmann Y., Oumorou M. & Sinsin B. 2018. Mangroves in Benin, West Africa: threats, uses and conservation opportunities. Springer Science Business Media B.V., part of Springer Nature Environment Development Sustainable. <https://doi.org/10.1007/s10668-017-0075-x>
- Yo T., Adanguidi J., Zannou A., Padonou E. A., 2018. Evaluation des besoins en bois des populations au niveau des zones de mangroves des sites Ramsar 1017 et 1018. FAO Bénin, ISBN: 978-92-5-130305-4 (FAO-Bénin).
- Zanvo, M. S., Barima, Y. S., Salako, K. V., Koua, K. N., Kolawole, M. A., Assogbadjo, A. E., & Kakaï, R. G. (2021). Mapping spatio-temporal changes in mangroves cover and projection in 2050 of their future state in Benin. *Bois et Forêts des Tropiques*, 350: 29-42. <https://doi.org/10.19182/bft2021.350.a36828>.

Cet article en libre accès est distribué sous une licence Creative Commons Attribution (CC BY 4.0).

© Le(s) Auteur(s).

La propriété des droits d'auteurs sur le contenu des articles publiés dans les Annales de l'Université de Parakou Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (AUP-SNA) demeure à leurs auteurs. Ils sont libres de partager - copier et redistribuer le matériel sur n'importe quel support ou format.

La Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (ISSN : 1840-8494 / eISSN : 1840-8508) des Annales de l'Université de Parakou est publiée par l'Université de Parakou au Bénin.

Publier avec la revue AUP-SNA garantit :

- Une rapidité du processus éditorial grâce à sa gestion entièrement en ligne ;
- Un accès immédiat à votre article dès sa publication en ligne ;
- Un lien durable et permanent à votre article grâce au DOI ;
- Une grande visibilité sur Internet ;
- La conservation des droits d'auteur de votre article ;
- La possibilité de partager votre article dans vos réseaux, sans restriction ;
- Des frais de publications très réduits ;
- Des remises sur les frais de publications pour les évaluateurs de la revue.

SNA

Soumettez votre manuscrit
sur <https://sna.fa-up.bj/>