

## Effet des téguments sur la germination des semences de *Guibourtia tessmannii* (Harms) J. Léonard (Fabacées-Césalpinioïdées), une essence forestière d'intérêt économique et socioculturel

Joseph Achille MESSI EFFA<sup>1\*</sup>, Léon Dieudonné KONO<sup>1</sup>, Laurent Florent MENYENE ETOUNDI<sup>1,2</sup>,  
Ecclesiaste Marien AMBOMBO ONGUENE<sup>1</sup>, Emmanuel YOUMBI<sup>3</sup> et Marie Marguerite MBOLO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Yaoundé I, Faculté des Sciences, Laboratoire de Botanique-Ecologie, BP 812 Yaoundé, Cameroun

<sup>2</sup> Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Coordination Forêts, Sols et Environnement,  
BP 2123 Yaoundé, Cameroun

<sup>3</sup> Université de Yaoundé I, Faculté des Sciences, Laboratoire de Biotechnologies et Environnement,  
BP 812 Yaoundé, Cameroun

(Reçu le 12 Janvier 2023 ; Accepté le 19 Février 2023)

\* Correspondance, courriel : [josephachilleeffamessi@gmail.com](mailto:josephachilleeffamessi@gmail.com)

### Résumé

*Guibourtia tessmannii* (Harms) J. Léonard est un arbre des forêts denses humides d'Afrique équatoriale à usage multiples. Son exploitation agressive et incontrôlée entraîne la dégradation de ses peuplements dans les forêts naturelles. Une étude sur sa régénération a été initiée à Nkong-Abok I au Cameroun afin d'évaluer l'influence des téguments sur la germination de ses graines. Le dispositif expérimental est un bloc aléatoire à un seul facteur comprenant quatre traitements et deux répétitions. Les fruits pourvus de l'épicarpe, les fruits débarrassés de l'épicarpe, les fruits débarrassés du mésocarpe et les graines extraites des fruits ont été semés. Les données collectées ont été soumises aux analyses de variance et en composantes principales. Les résultats montrent que l'épicarpe et le mésocarpe inhibent la germination des semences de *Guibourtia tessmannii*. Le meilleur taux de germination a été observé chez les fruits débarrassés de l'épicarpe et du mésocarpe ( $97,50 \pm 1,13$  %), suivi des fruits débarrassés de l'épicarpe ( $87,5 \pm 2,54$  %) et des graines extraites des fruits ( $34,2 \pm 1,20$  %). Les fruits entiers n'ont pas germé jusqu'à la fin des essais. Cette étude contribue à l'amélioration des connaissances sur la germination des semences de *Guibourtia tessmannii* afin d'envisager une production optimale des plants de l'espèce et de faciliter sa domestication.

**Mots-clés :** *Guibourtia tessmannii*, régénération, semences, téguments, domestication, Cameroun.

### Abstract

**Effect of seed coats on seed germination of *Guibourtia tessmannii* (Harms) J. Léonard (Fabaceae, Caesalpinioideae), a forest species of economic and socio-cultural interest**

*Guibourtia tessmannii* (Harms) J. Léonard is a multipurpose tree of the dense rainforests of equatorial Africa. Its abusive and uncontrolled exploitation degrades its stands in natural forests. A study on its regeneration was initiated at Nkong-Abok I in Cameroon to evaluate the influence of the seed coats on the germination of

its seeds. The experimental design is a single-factor randomized block design with four treatments and two replications. Fruits with the epicarp, fruits with the epicarp removed, fruits with the mesocarp removed, and the seeds extracted from the fruits were sown. The collected data were subjected to the analysis of variance, and the principal component was analyzed. The results show that the epicarp and mesocarp are obstacles to the germination of *Guibourtia tessmannii* seeds. The best germination rate was observed in fruits with the epicarp and mesocarp removed ( $97.50 \pm 1.13$  %), followed by fruits with the epicarp removed ( $87.5 \pm 2.54$  %) and seeds extracted from the fruits ( $34.2 \pm 1.20$  %). The whole fruits did not germinate until the end of the trials. This study contributes to improving knowledge on seed germination of *Guibourtia tessmannii* to consider the optimal production of plants of the species and to facilitate its domestication.

**Keywords :** *Guibourtia tessmannii*, regeneration, seeds, seed coats, domestication, Cameroon.

## 1. Introduction

L'accroissement démographique observé actuellement dans les pays du bassin du Congo accentue la dépendance des populations vis-à-vis des ressources naturelles en vue de subvenir à des besoins substantiels [1]. Les forêts de production du Cameroun ne sont pas épargnées face à cette pression galopante. Le niveau d'intérêt croissant porté sur les ressources forestières serait à l'origine de la destruction progressive des écosystèmes forestiers, occasionnant la raréfaction voire la disparition de nombreuses espèces végétales. La végétation ligneuse subit de façon accélérée cette dégradation, mais les espèces dont l'importance s'avère particulière pour les populations sont les plus exposées [2]. Ainsi, les espèces productrices de bois d'œuvre et ayant un fort potentiel de produits forestiers non ligneux sont surexploitées. Elles sont qualifiées d'essences concurrentielles selon [3]. *Guibourtia tessmannii* (Harms) J. Léonard fait partie de ce groupe d'essences. *Guibourtia tessmannii* (Harms) J. Léonard est une essence commerciale des forêts denses humides d'Afrique tropicale. Cet arbre de la famille des Fabaceae, sous-famille des Césalpinioïdées connu sous le nom de Bubinga est exploité pour ses propriétés multiples et la qualité exceptionnelle de son bois. Il est très recherché en menuiserie, ébénisterie de luxe, artisanat, construction navale et chemins de fer, fabrication d'instruments de musique tels que les guitares, les harpes, les flûtes, les tambours [4 - 6]. Son écorce et le copal sont utilisés comme pesticide biologique en agriculture [7]. Les feuilles de l'espèce ainsi que son écorce, utilisées en médecine traditionnelle soulagent de nombreux maux tels que les maladies cardiovasculaires, le cancer, la gonorrhée, la blennorragie, le mal de dos, l'hypertension, le paludisme, les hémorroïdes, et sont également exploitées comme aphrodisiaques [5, 8, 9]. Selon l'Organisation internationale des bois tropicaux (OIBT), le Bubinga fait partie des essences les plus exploitées du Bassin du Congo. Par conséquent, il subit une pression intense [6, 10]; entraînant ainsi la diminution et la raréfaction de ses peuplements dans son aire de distribution. Tous ces paramètres ont conduit à son inscription dans l'annexe II de la CITES et sa classification comme espèce en danger et menacée d'extinction [11, 12]. Compte tenu de ses multiples usages et de sa menace d'extinction dans les parcelles forestières non protégées au Cameroun, il est impératif de trouver une solution rapide. Outre les études relatives aux propriétés de son bois, aux aspects botaniques et biochimiques de l'espèce, très peu de travaux se sont attardés sur l'écologie de sa régénération. Des observations faites sur le terrain, révèlent une forte fructification des semenciers matures. Cependant, malgré cette forte production des fruits, les jeunes plants en dessous des semenciers sont rares et parfois inexistantes. Cette faible présence des semis sous les semenciers montre que le stade plantule tout comme celui de germination rencontrent des difficultés pour s'exprimer. Des travaux plus récents signalent une dormance tégumentaire chez les graines de l'espèce [13]. Des études ont montré que les enveloppes dures de nombreuses espèces forestières, notamment les légumineuses inhibent la germination des semences de certaines espèces [14 - 20]. D'où la question de savoir quelle est l'effet des enveloppes protectrices des graines de *Guibourtia tessmannii* sur leur aptitude à la germination ? L'objectif de ce travail est donc d'étudier l'influence des téguments du fruit sur la régénération naturelle assistée de *Guibourtia tessmannii*.

## 2. Méthodologie

### 2-1. Site de l'étude

Des tests de germination ont été menés dans la localité de Nkong-Abok 1, village situé dans le Département de la Mefou et Akono, Arrondissement de Ngoumou, à la périphérie de la réserve forestière d'Ottotomo, à une cinquantaine de kilomètres de la ville de Yaoundé (**Figure 1**). Les coordonnées géographiques du site sont 3°42'0" de latitude Nord et 11°16'0" de longitude Est. Cette localité est caractérisée par un climat équatorial bimodal à quatre saisons, dont deux saisons pluvieuses alternant avec deux saisons sèches : la grande saison sèche (de décembre à mars), la petite saison sèche (de juillet à août), la petite saison des pluies (d'avril à juin) et la grande saison des pluies (de septembre à novembre). La moyenne annuelle des précipitations varie de 1 450 mm à 1 750 mm avec des températures moyennes annuelles qui oscillent entre 20 et 25°C [21]. Deux types de sols sont rencontrés dans cette zone : les sols rouges ferrallitiques, rencontrés sur la partie ferme, et les sols hydromorphes dans les bas-fonds des vallées et des marécages [22]. Les sols hydromorphes dans la plupart des cas sont occupés par des raphiales dont certaines sont exploitées pendant les saisons relativement sèches pour la culture des vivres telles que le riz, le macabo, la patate et des cultures maraîchères. Ces raphiales sont parsemées d'un réseau hydrographique comportant plusieurs cours d'eau notamment Sibekon, Nkolon Ebongono, Mendip jii, Zibi Bekono. Les sols sont rouges ferrallitiques [23] et abritent des forêts secondaires, les jachères (vieilles ou jeunes), les cacaoyères, les palmeraies, et les cultures vivrières. La localité de Nkong-Abok 1 est occupée par une forêt dense humide semi-caducifoliée ou semi-décidue à *Sterculiaceae* et à *Ulmaceae* [24] qui est dégradée au fil du temps avec l'intensification des actions anthropiques, notamment les activités agricoles, l'exploitation illégale de la ressource forestière, l'extension de l'urbanisation liée à l'accroissement démographique.

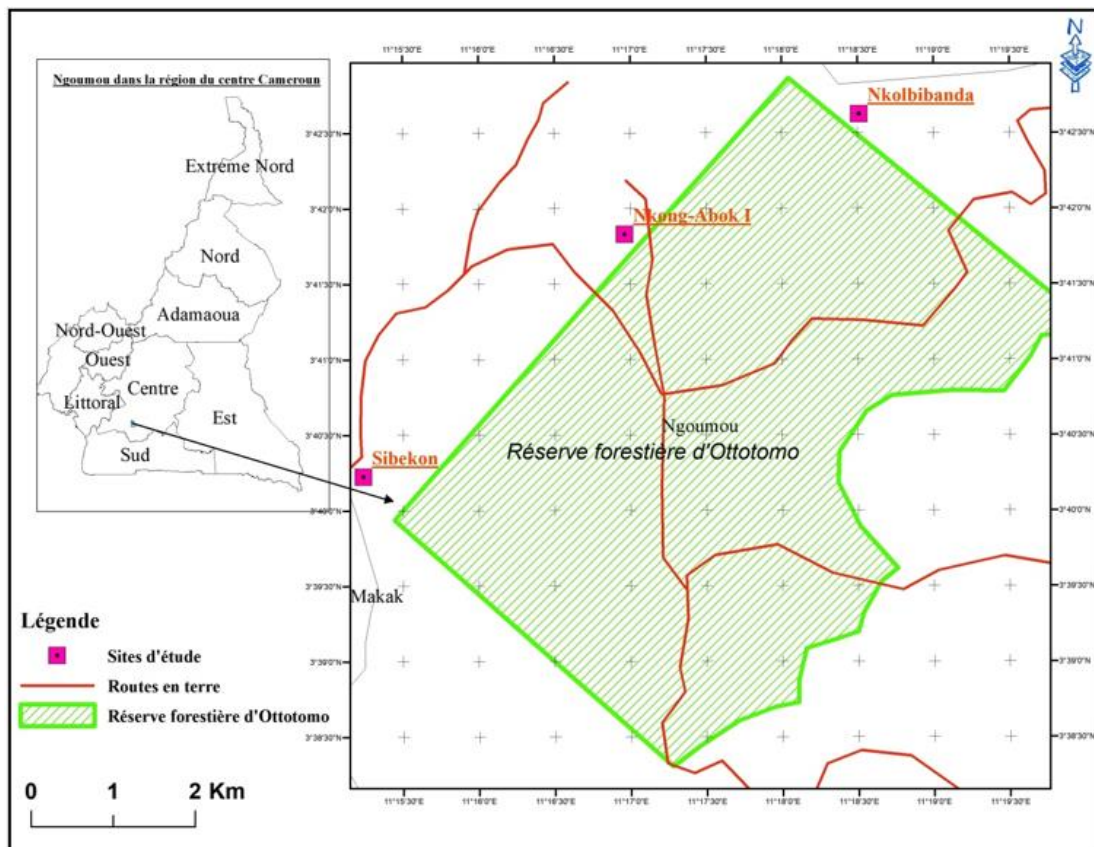


Figure 1 : Localisation du site de l'étude

## 2-2. Matériel Végétal

L'étude a été conduite du mois d'août au mois d'Octobre 2020. Les semences utilisées proviennent de 06 semenciers sains dont le diamètre moyen est inférieur ou égal à 90 cm. Ces semenciers sont identifiés dans les forêts semi-décidues de Sibekon, Nkong-Abok 1 et Nkolbibanda, villages situés à la périphérie de la réserve forestière d'Ottotomo. Les fruits et les graines matures ont été obtenus en combinant deux approches : la récolte sur les semenciers et la chute naturelle des semences ramassées au pied de l'arbre. Le matériel végétal est constitué des fruits matures de *G. tessmannii* pourvus de l'épicarpe (**Figure 2a**), des fruits débarrassés de l'épicarpe (**Figure 2b**), les fruits débarrassés de l'arille (**Figure 2c**) et les graines extraites des fruits débarrassés des téguments (**Figure 2d**).



**Figure 2** : Aperçu de quelques organes de *Guibourtia tessmannii* (a) Rameau feuillé muni d'infrutescences portant des fruits mûrs (gousses), (b) fruits débarrassés de l'épicarpe), (c) fruits débarrassés de l'arille (mésocarpe), (d) graines extraites des fruits débarrassés de téguments, (1) épicarpe, (2) mésocarpe (Arille), (3) endocarpe

## 2-3. Dispositif expérimental et essais de germination

La graine mature de *Guibourtia tessmannii* (Fabaceae-Caesalpinioideae) est protégée par trois téguments dont le plus externe, le péricarpe s'ouvre par déhiscence et libère la graine qui reste entourée par deux enveloppes faisant office de mésocarpe (arille) et d'endocarpe. Les essais de germination ont été menés à partir d'un dispositif en blocs à un seul facteur correspondant au tégument [25] avec deux répétitions (**Figure 3**). Quatre traitements ont été mis au point : (1) les fruits pourvus d'épicarpe (EPI) (**Figure 2a**); (2) les fruits débarrassés de l'épicarpe ou pourvus de mésocarpe (MESO) (**Figure 2b**); (3) les fruits dépourvus du mésocarpe ou pourvus de l'endocarpe (ENDO) (témoin) (**Figure 2c**) et (4) les graines extraites des fruits (**Figure 2d**). Pour chaque arbre, 80 semences sont choisies au hasard, à raison de 20 semences par traitement (**Tableau 1**). Les semis ont été effectués dans les sachets en polyéthylène de (30 x 26) cm<sup>2</sup> contenant un substrat constitué d'un mélange de litière de raphiales bien décomposée, du sable de rivière et de la terre forestière prélevée sous les semenciers dans les proportions 1/1/1. Les semences ont été enfouies à 2 cm de profondeur, à raison d'une graine par pot. Chaque traitement comporte deux répétitions de 60 graines chacune, soit 120 graines par traitement. Les pots sont disposés en rangées de 15, soit quatre rangées par

répétition et par unité expérimentale (parcelle élémentaire). Au total, sont requis  $(60 \times 2 \times 4) = 480$  pots répartis dans 8 parcelles élémentaires. La répartition des traitements au sein de chaque bloc est aléatoire. Une ombrière en claies de palmes reposant sur des piquets en bois a été construite au-dessus de chaque traitement en vue de garantir un éclaircissement moyen d'environ 50 %. La pépinière a été arrosée quotidiennement dès le lever du jour en l'absence des pluies. Une graine était considérée comme ayant germé lorsque la tigelle (épicotyle) pointe au-dessus du substrat de germination [26]. Les expériences ont été conduites pendant 69 jours, du 02 Août au 09 Octobre 2020.

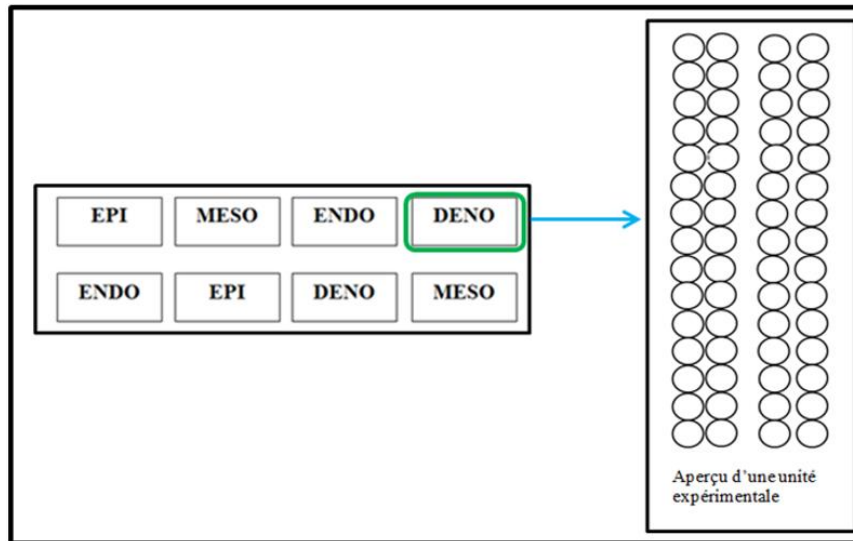


Figure 3 : Dispositif expérimental

Tableau 1 : Nombre de graines pour chaque individu et modalités de levée de dormance

Individus	Nombre de semences par traitement				Total
	EPI	MESO	ENDO	DENO	
Guibourtia 1	20	20	20	20	80
Guibourtia 2	20	20	20	20	80
Guibourtia 3	20	20	20	20	80
Guibourtia 4	20	20	20	20	80
Guibourtia 5	20	20	20	20	80
Guibourtia 6	20	20	20	20	80

EPI : Fruits entiers (gousses) ; MESO : Fruits débarrassés de l'épicarpe (ou pourvus du mésocarpe) ; ENDO : Fruits débarrassés du mésocarpe ; DENO : Graines extraites des fruits débarrassés de téguments.

#### 2-4. Collecte des données

Le comportement des graines est suivi quotidiennement de la date de semis jusqu'à la fin des levées. Les paramètres pris en compte pour caractériser la germination sont ceux définis par [16, 27].

- le délai de germination (DG), c'est-à-dire, le temps écoulé entre le semis et la première germination des graines d'un lot donné ;
- la durée de germination (Dg), qui correspond au nombre de jours compris entre la première et la dernière germination des graines d'un lot donné ;
- le temps moyen de germination (TMG) c'est-à-dire, le temps mis par les semences pour germer ; calculé à l'aide de la **Formule** mathématique [28].

$$TMG = \frac{(N_1T_1 + N_2T_2 + \dots + N_nT_n)}{N_1 + N_2 + \dots + N_n} \quad (1)$$

$N_1$  étant le nombre de graines germées au jour  $T_1$ ,  $N_n$  le nombre de graines germées entre le temps  $T_{n-1}$  et le temps  $T_n$  et  $T$  nombre total de jours d'observation.

- la cinétique de germination (CG) : indique l'évolution des taux cumulés de germination au cours du temps ;
- la vitesse de germination (VG) qui représente le nombre de graines germées par jour, a été calculée à l'aide de l'expression mathématique [29].

$$VG = \sum \frac{g_i}{j_i} = \frac{g_1}{j_1} + \frac{g_2}{j_2} + \dots + \frac{g_n}{j_n} \quad (2)$$

- le taux de germination (TG) obtenu à partir de la formule mathématique [30].

$$TG = \left( \frac{n_i}{N} \right) \times 100 \quad (3)$$

$n_i$  étant le nombre de graines germées à la date  $i$  et  $N$  le nombre total de graines semées

- le taux de levée des plantules c'est-à-dire, le quotient du nombre de plantules levées par le nombre total de graines germées, exprimé en pourcentage.

## 2-5. Analyses statistiques

Les données de germination codifiées ont été encodées dans le tableur Excel 2010. Elles ont ensuite été soumises à une analyse de variance (ANOVA). Le test de Shapiro-Wilk a permis de vérifier leur normalité. Les moyennes ont été comparées à l'aide du test de Tukey ou de Kruskal-Wallis au seuil de probabilité de 5 % selon que les données suivent une loi normale ou non. Les données analysées ont été présentées sous forme d'une moyenne de deux répétitions  $\pm$  écart-type. Une analyse en composantes principales a été appliquée pour déterminer la relation entre les paramètres de germination et les différents traitements. Les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel R version 4.0.4.

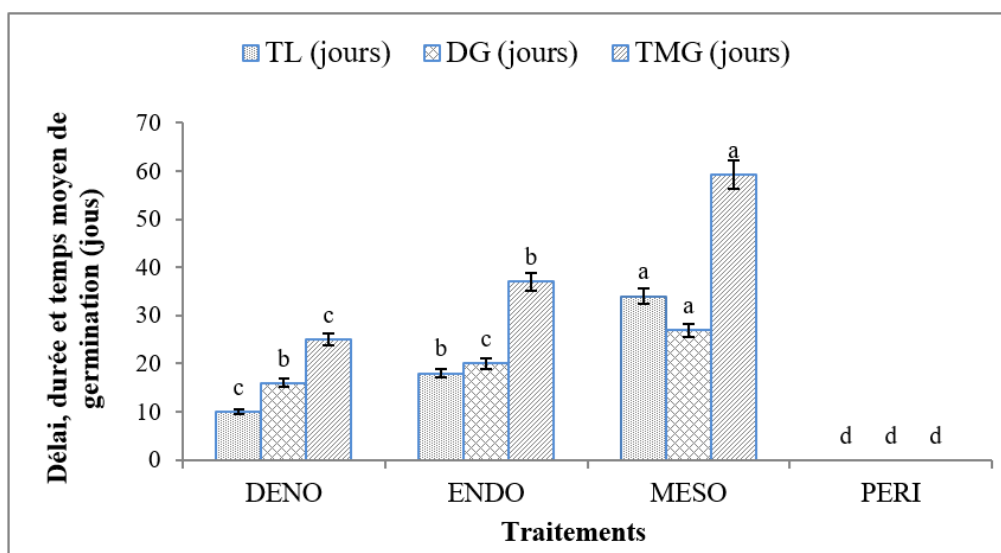
## 3. Résultats

### 3-1. Influence des traitements sur la germination des graines de *Guibourtia tessmannii*

#### 3-1-1. Effet des téguments sur le délai, la durée, le temps moyen et la vitesse de germination

Cette étude montre que les téguments affectent significativement ( $P < 0,05$ ) les caractéristiques germinatives des semences de *Guibourtia tessmannii*. Les résultats indiquent l'absence de germination des fruits entiers au bout 69 jours d'observation. Par contre, les graines débarrassées de téguments germent plus rapidement avec un temps de latence moyen de  $10,50 \pm 0,71$  jours, suivies des semences dépourvues de l'épicarpe et de l'endocarpe dont la germination survient  $18,5 \pm 0,71$  jours après le semis. La première sortie de la radicule chez les fruits débarrassés de l'épicarpe est observée  $34,00 \pm 1,4$  après le semis (**Figure 4**). Les résultats de l'analyse de variance (**Tableau 3**) montrent qu'il existe une différence significative ( $P < 0,05$ ) de délai de germination entre les fruits débarrassés de l'épicarpe et du mésocarpe et les autres traitements. Les semences de *Guibourtia tessmannii* débarrassées de l'épicarpe ont une germination moyennement étalée dont la durée moyenne est de  $27 \pm 0,00$  jours. La durée moyenne de germination la plus courte

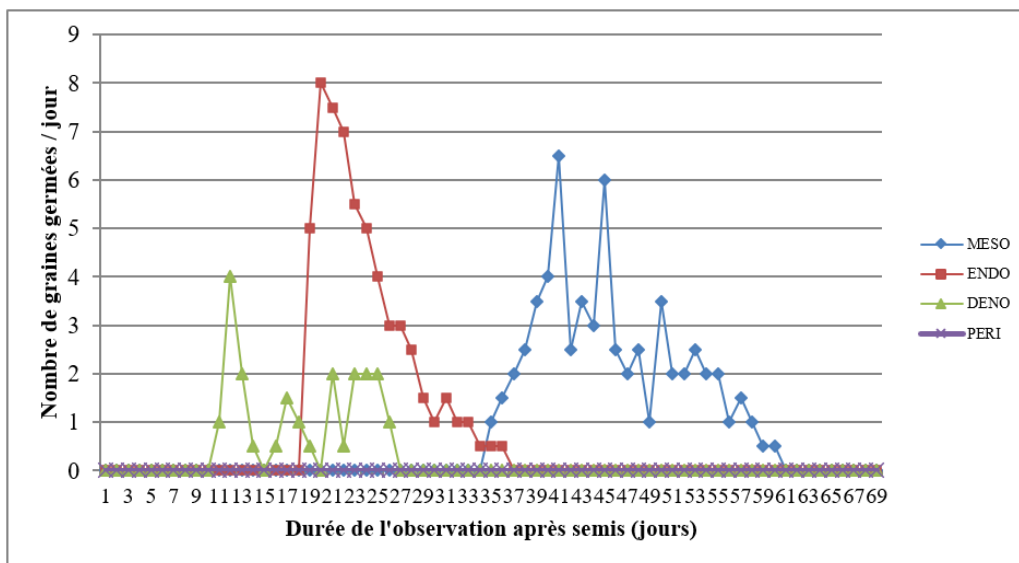
( $16 \pm 1,41$  jours) est obtenue chez les graines extraites des fruits débarrassés de téguments. Par contre, la germination des semences débarrassées du mésocarpe s'échelonne en moyenne sur  $20 \pm 1,41$  jours à partir de la date d'installation des essais. Les fruits entiers ont une durée de germination nulle (**Figure 4**). Ces résultats indiquent une différence statistiquement significative ( $P < 0,05$ ) des durées de germination entre les semences débarrassées de l'épicarpe et du mésocarpe et les fruits dépourvus de l'épicarpe, les isolées des fruits (**Tableau 3**). Tout comme le temps de latence et la durée de germination, le temps moyen de germination (TMG) diminue avec l'allègement des téguments chez les semences de *Guibourtia tessmannii*. En effet, le temps moyen de germination le plus court a été obtenu chez les graines extraites des fruits débarrassés de téguments ( $25,00 \pm 0,92$  jours), suivi des fruits dépourvus de l'épicarpe et du mésocarpe ( $37,00 \pm 1,50$  jours). Le temps moyen de germination le plus long ( $59,2 \pm 2,87$  jours) est observé chez les fruits débarrassés de l'épicarpe (**Figure 4**). Ces observations montrent que l'élimination des téguments accélère la germination des semences de *Guibourtia tessmannii*. Le temps moyen de germination des fruits entiers de *Guibourtia tessmannii* est nul. L'analyse de variance indique une différence statistiquement significative ( $P < 0,05$ ) des temps moyens de germination entre les fruits débarrassés de l'épicarpe et du mésocarpe (témoin) et les fruits entiers, les fruits dépourvus de l'épicarpe et les graines extraites des fruits débarrassés de téguments (**Tableau 3**).



**Figure 4 :** Variation du délai, de la durée et du temps moyen de germination des graines de *Guibourtia tessmannii* en fonction des traitements. EPI : Fruits entiers ; MESO : Fruits débarrassés de l'épicarpe ou pourvus du mésocarpe ; ENDO : Fruits débarrassés du mésocarpe ou pourvus de l'endocarpe ; DENO : Graines extraites des fruits débarrassés des téguments. Entre traitements, les résultats d'un même paramètre portant les lettres différentes sont statistiquement différents ( $P < 0,05$ )

Cette variation des délais, durées et temps moyens de germination en fonction des traitements s'accompagne également d'une variation de la vitesse de germination des semences. Les vitesses moyennes de germination des semences de *Guibourtia tessmannii* sont relativement faibles. Le nombre de graines germées varie de 0 à 6,5 graines par jour pour les semences débarrassées de l'épicarpe, de 0 à 8 graines / jour pour les semences dépourvues de l'épicarpe et du mésocarpe et de 0 à 4 graines par jour pour les graines extraites des fruits débarrassés de téguments (**Figure 5**). Pour les semences débarrassées de l'épicarpe et du mésocarpe, le pic de germination est observé le 20<sup>ème</sup> jour avec 8 graines germées. Cette vitesse diminue progressivement avec l'augmentation du temps de l'observation et s'annule le 36<sup>ème</sup> jour qui marque la fin de la germination des

semences de ce traitement. La germination des semences débarrassées de l'épicarpe est moins rapide que celle des fruits dépourvus de l'épicarpe et du mésocarpe. À cet effet, trois pics de germination ont été observés respectivement les 41<sup>ème</sup>, 45<sup>ème</sup> et 50<sup>ème</sup> jours avec 6,5 ; 6 et 3,5 graines germées respectivement. La vitesse de germination la plus faible est obtenue chez les graines extraites des fruits débarrassés de téguments ; la plus grande germination étant observée le 11<sup>ème</sup> jour avec 4 graines germées. Les autres germinations journalières moyennes varient de 0 à 2 graines par jour. Les fruits entiers ne germent pas, par conséquent leur vitesse de germination est restée nulle jusqu'à la fin des essais. Les résultats consignés dans le **Tableau 2** indiquent que les vitesses moyennes de germination sont respectivement  $2,94 \pm 0,14$  graines /j ;  $1,91 \pm 0,07$  graines /j et  $1,21 \pm 0,09$  graines /j pour les semences débarrassées de l'épicarpe et du mésocarpe, les semences dépourvues de l'épicarpe, des graines extraites des fruits débarrassés de téguments.



**Figure 5 :** Évolution de la vitesse de germination des graines de *G. tessmannii* en fonction du temps

**Tableau 2 :** Vitesse moyenne de germination des graines de *Guibourtia tessmannii* en fonction des traitements. Les moyennes suivies des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de probabilité  $P < 0,05$  ;  $n = 2$

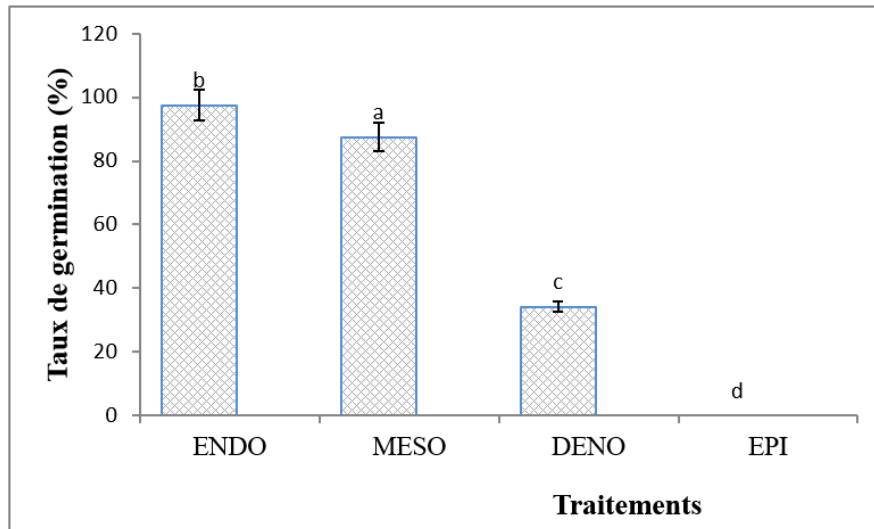
Traitements	PERI	MESO	ENDO	DENO
Vitesse de germination (graines/jour)	$0,00 \pm 0,00d$	$1,91 \pm 0,07a$	$2,94 \pm 0,14c$	$1,21 \pm 0,09b$

### 3-1-2. Influence des téguments sur le taux de germination des semences et le taux de levée des plantules de *Guibourtia tessmannii*

Les pourcentages de germination des semences de *Guibourtia tessmannii* varient en fonction des traitements (**Figure 6**). L'élimination de l'épicarpe et du mésocarpe améliore le taux de germination des semences. L'extraction de la graine du fruit réduit la capacité germinative. Le taux de germination le plus élevé ( $97,50 \pm 1,13$  %) est obtenu chez les semences débarrassées de l'épicarpe et du mésocarpe (témoin), suivi des fruits dépourvus de l'épicarpe ( $87,50 \pm 2,54$  %). L'extraction de la graine du fruit a réduit la capacité germinative de  $63,35 \pm 1,17$  % par rapport au témoin, passant de  $97,50 \pm 1,13$  % (ENDO) à  $34,15 \pm 1,20$  % (DENO). Les semences pourvues de l'épicarpe ne germent pas pendant toute la durée de l'essai. Ces observations montrent que l'épicarpe et le mésocarpe constituent des obstacles à la germination des semences de *Guibourtia tessmannii*. L'analyse statistique des résultats du **Tableau 3** montre une différence



significative ( $P < 0,05$ ) entre les taux moyens de germination des semences débarrassées de l'épicarpe et du mésocarpe, les semences dépourvues du mésocarpe, les fruits entiers et les graines extraites des fruits. Ces résultats montrent que les semences dépourvues de l'épicarpe et du mésocarpe sont les plus indiquées pour la germination.



**Figure 6 :** Pourcentage des graines germées en fonction des traitements. Les lettres différentes portées par les résultats indiquent une différence significative entre traitements à  $p < 0,05$

**Tableau 3 :** Paramètres de germination des graines de *Guibourtia tessmannii* en fonction des traitements

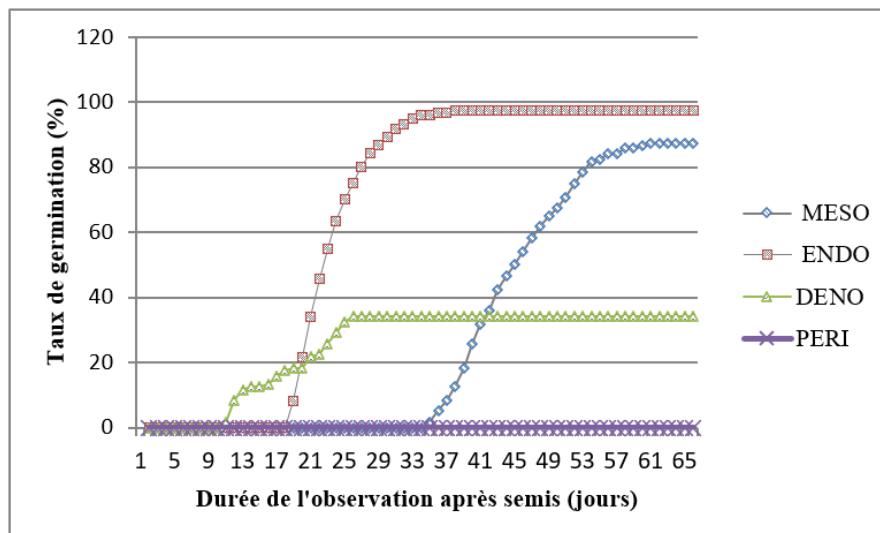
Traitements	Paramètres de germination				
	Taux de germination (%)	Temps de latence (jours)	Durée de germination (jours)	Temps moyen de germination (jours)	Taux de levée des plantules (%)
EPI	0,00 ± 0,00 <sup>d</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>d</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>d</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>d</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>c</sup>
MESO	87,50 ± 2,54 <sup>a</sup>	34,00 ± 1,41 <sup>a</sup>	27,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	59,20 ± 2,87 <sup>a</sup>	98,0 ± 0,41 <sup>b</sup>
ENDO	97,50 ± 1,13 <sup>b</sup>	18,50 ± 0,71 <sup>b</sup>	20,00 ± 1,41 <sup>c</sup>	37,00 ± 1,50 <sup>b</sup>	100,00 ± 00 <sup>b</sup>
DENO	34,15 ± 1,20 <sup>c</sup>	10,50 ± 0,71 <sup>c</sup>	16,00 ± 1,41 <sup>b</sup>	25,00 ± 0,92 <sup>c</sup>	69,40 ± 1,33 <sup>a</sup>

*EPI* : Fruits entiers ; *MESO* : Fruits débarrassés de l'épicarpe ou pourvus du mésocarpe ; *ENDO* : Fruits débarrassés du mésocarpe ou pourvus de l'endocarpe ; *DENO* : Graines extraites des fruits débarrassés des téguments. Les moyennes portant les lettres différentes dans une même colonne sont significativement différentes ( $p < 0,05$ ;  $n = 2$ )

Tout comme le pourcentage de germination, le taux de levée des plantules varie en fonction des traitements. L'analyse des résultats du **Tableau 3** montre que toutes les plantules provenant de la germination des semences débarrassées de l'épicarpe et du mésocarpe lèvent. Le taux de levée le plus bas ( $69,40 \pm 1,33$  %) est observé chez les plantules issues des graines extraites des fruits débarrassés de téguments contre  $98,0 \pm 0,41$  % chez les fruits dépourvus de l'épicarpe. L'analyse des résultats montre qu'il existe une différence significative ( $P < 0,05$ ) des taux de levée des plantules entre les graines isolées des fruits, les semences débarrassées de l'épicarpe et celles dépourvues du mésocarpe. Cependant, les taux de levée des plantules issues des semences dépourvues de l'épicarpe et ceux des fruits débarrassés du mésocarpe ne sont pas statistiquement différents (**Tableau 3**).

### 3-1-3. Influence des téguments sur la cinétique de germination

La cinétique de germination (CG) fait état de l'évolution de la germination des semences de *Guibourtia tessmannii* soumises aux différents traitements. Elle est représentée par une courbe qui illustre l'évolution des taux moyens cumulés de germination de chaque traitement en fonction du temps. Les courbes décrivant la CG des semences en fonctions des traitements présentent une allure sigmoïde avec trois phases distinctes (**Figure 7**). La première phase ou phase d'imbibition, au cours de laquelle les activités métaboliques induisant la germination sont déclenchées. Cette phase a duré en moyenne 18,5 ; 34 et 10,5 jours respectivement pour les semences dépourvues de l'épicarpe et du mésocarpe, les semences débarrassées de l'épicarpe et les graines extraites des fruits débarrassés de téguments. La deuxième phase ou phase exponentielle, caractérisée par une accélération de la germination dans le temps. Le taux de germination le plus élevé ( $97,5 \pm 1,13 \%$ ) indiquant la fin de cette phase a été obtenu chez les semences débarrassées du mésocarpe. Ces résultats montrent que l'élimination de l'épicarpe et du mésocarpe augmente la cinétique de germination des semences de *Guibourtia tessmannii*. La troisième phase est illustrée par un plateau qui montre que les taux de germination n'augmentent plus, ce qui indique la fin de la germination. La cinétique de germination des fruits entiers est nulle.



**Figure 7 :** Évolution des taux moyens cumulés de germination de *Guibourtia tessmannii* en fonction des traitements et du temps. EPI : Fruits entiers ; MESO : Fruits débarrassés de l'épicarpe ou pourvus du mésocarpe ; ENDO : Fruits débarrassés du mésocarpe ou pourvus de l'endocarpe ; DENO : Graines extraites des fruits débarrassés des téguments.

### 3-1-4. Relation entre les paramètres de germination et les traitements

La **Figure 8** illustre les relations qui existent entre les paramètres de germination et les différents traitements. La somme des inerties c'est-à-dire, la variance exprimée par les deux premiers axes représente environ 99,37 % de la variance totale. Toutefois, le plus grand coefficient d'inertie est exprimé par l'axe principal qui concentre 95,03 % de l'information par rapport à l'axe secondaire représentant 4,34 %. Cette analyse en composantes principales dénote une absence de relation entre les fruits pourvus de l'épicarpe, les graines extraites des fruits débarrassés de téguments et leurs paramètres de germination. Par contre, le mésocarpe et l'endocarpe influencent les paramètres de germination des semences. Cependant, le mésocarpe a plus d'influence sur la durée et le temps moyen de germination alors que l'endocarpe affecte le plus le délai et le taux de germination.

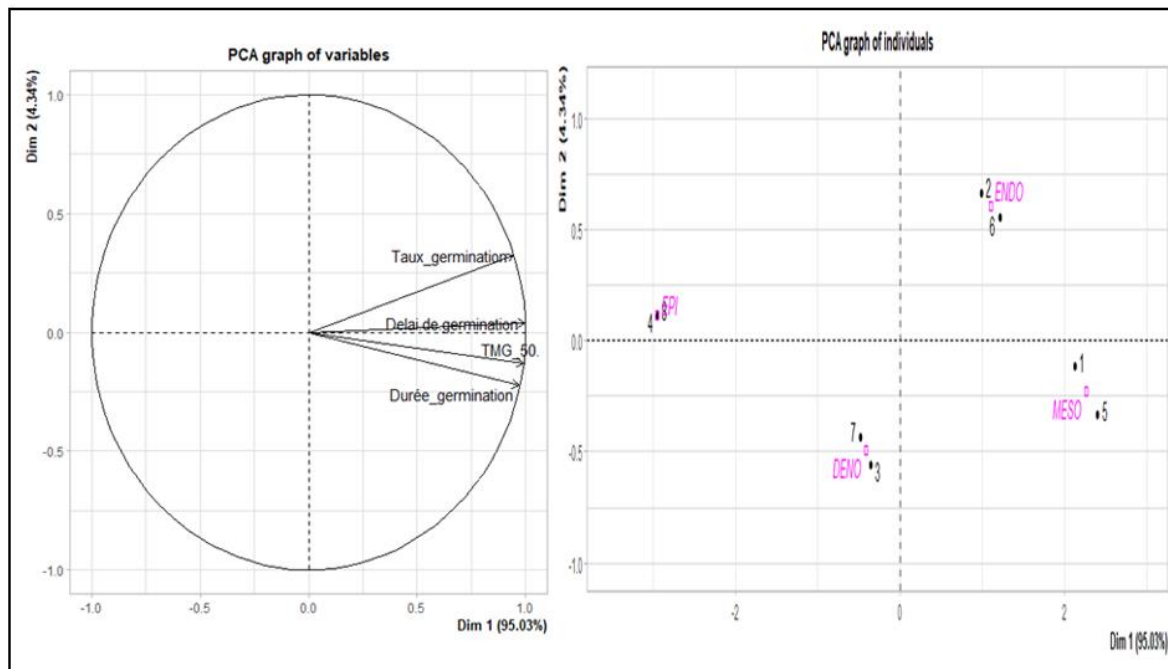


Figure 8 : Analyse en composantes principales (Paramètres de germination x Traitements)

## 4. Discussion

### 4-1. Caractéristiques germinatives des semences de *Guibourtia tessmannii*

La physiologie des graines de nombreuses espèces forestières telles que les légumineuses est sous l’emprise tégumentaire dont les effets peuvent être avantageux ou néfastes pour la vie des semences. Les téguments protègent les graines des contraintes environnementales hostiles notamment les fortes températures liées à la sécheresse, les dommages physiques, l’action des animaux [20] et les empêchent de germer dans les conditions défavorables [31]. Par ailleurs, ils limitent le pourrissement de l’embryon et les cotylédons dont la principale cause serait l’engorgement des graines. Les téguments exercent aussi dans certains cas, une influence inhibitrice en imposant une contrainte à l’émergence de la radicule [19].

#### 4-1-1. Délai, durée, temps moyen et vitesse de germination

Les résultats des essais de germination chez *Guibourtia tessmannii* ont montré que les téguments des fruits affectent significativement ( $p < 0.05$ ) leurs caractéristiques germinatives. L’analyse comparée des paramètres de germination des fruits entiers, des fruits débarrassés de l’épicarpe, des fruits débarrassés de l’épicarpe et du mésocarpe et les graines extraites des fruits débarrassés des téguments a montré une différence significative entre traitements. Cette différence pourrait s’expliquer par la différence de nature et de composition des téguments qui entourent la graine. Les résultats ont montré que les fruits entiers de *Guibourtia tessmannii* n’ont pas germé jusqu’à la fin de l’expérience, par conséquent, leurs délai, durée, temps moyen et vitesse de germination sont nuls. L’absence de germination serait due à l’impermeabilité à l’eau et à l’air de l’épicarpe dure et lignifié des semences par rapport au mésocarpe et à l’endocarpe. L’élimination de l’épicarpe et du mésocarpe réduit le temps de latence, la durée et le temps moyen de germination par rapport aux autres traitements. Les fruits de *Guibourtia tessmannii* débarrassés de l’épicarpe germent tardivement ( $34,00 \pm 1,41$  jours) par rapport aux semences dépourvues de l’épicarpe et du mésocarpe ( $18,50 \pm 0,71$  jours) et des graines isolées des fruits ( $10,50 \pm 0,71$  jours) avec une durée moyenne

d'échelonnement des levées ( $27,00 \pm 0,00$ ) et un temps moyen de germination ( $59,20 \pm 2,87$  jours) plus longs. Par contre, la durée ( $16,00 \pm 1,41$  jours) et le temps moyen ( $25,00 \pm 0,90$  jours) de germination les plus courts ont été obtenus chez les graines isolées des fruits. Ces résultats montrent que les semences pourvues du mésocarpe germent, mais cette enveloppe rallonge le délai, la durée et le temps moyen de germination. Ce retard observé permet de comprendre que le mésocarpe exige un temps assez-long pour être ramolli afin de permettre à l'eau et aux gaz respiratoires de franchir l'endocarpe et d'accéder aux réserves de la graine afin de déclencher les réactions métaboliques de l'embryon et stimuler l'émergence de la radicule. Le temps de latence des semences débarrassées de l'épicarpe ( $18,50 \pm 0,71$ ) se rapproche de celui obtenu par [32] sur la régénération de *Guibourtia ehie* ( $19,580 \pm 2,91$ ). L'extraction des graines des fruits a réduit le délai, la durée, le temps moyen, la vitesse de germination et la capacité germinative. Cette durée d'attente de germination relativement courte s'expliquerait par le fait que l'élimination des téguments lève les obstacles à l'imbibition des graines, ce qui déclenche très rapidement les réactions métaboliques de l'embryon et favorise l'émergence de la radicule. Les résultats similaires ont été obtenus chez d'autres espèces, notamment *Balanites aegyptiaca* [31]. Chez cette espèce, l'élimination du mésocarpe (pulpe) réduit le délai et la durée de germination et améliore le taux de germination des semences.

#### **4-1-2. Capacité germinative de *Guibourtia tessmannii* en fonction des traitements**

Le taux de germination des fruits entiers (gousses) est nul après 69 jours de suivi. Le potentiel germinatif est amélioré lorsque les semences sont débarrassées de l'épicarpe et du mésocarpe. L'absence de germination des gousses serait liée à la nature fibreuse et lignifiée de l'épicarpe qui enveloppe le fruit. En effet, ce tégument constituerait un frein à l'entrée d'eau et d'air dans la graine, empêchant ainsi l'imbibition et la sortie de la radicule et par conséquent, la germination. L'inhibition tégumentaire du péricarpe des semences de nombreuses espèces avait déjà été signalée par [13 - 16]. Selon eux, la plupart des semences dures telles que celles des légumineuses sont imperméables à l'eau et à l'air, et de ce fait, présentent une inhibition tégumentaire. La dormance observée chez les graines est due soit à la présence des téguments solides, fibreux, lignifiés ou mucilagineux qui sont imperméables à l'eau et aux gaz respiratoires, soit à la résistance mécanique des enveloppes à la sortie de la radicule (dormance physique), soit par des substances inhibitrices dans les enveloppes ou dans la graine (dormance chimique) [14, 18, 19, 26, 33 - 35]. Les semences fraîches de *Guibourtia tessmannii* débarrassées de l'épicarpe et du mésocarpe germent normalement sans avoir subi de prétraitement, avec un taux moyen de germination très élevé ( $97,50 \pm 1,13$  %). Ce résultat montre que l'endocarpe ne constitue pas un obstacle à la régénération naturelle de l'espèce. L'endocarpe, lorsqu'il est soumis à une humidité et une température favorable, se fragilise, se fendille et s'ouvre, ce qui met à nu la graine et favorise l'émergence de la radicule. Ces taux de germination élevés corroborent les résultats de [13]. Cet auteur, sans toutefois préciser les taux moyens de germination des graines de l'espèce *in situ*, affirme que, lorsque les semences de *Guibourtia tessmannii* sont débarrassées de l'arille (mésocarpe), leur taux de germination non cumulé est très élevé. Un taux de germination similaire a été obtenu avec les fruits de *Balanites aegyptiaca* débarrassés de mésocarpe (pulpe) [31]. Cependant, l'aptitude à la germination des semences de *Guibourtia tessmannii* baisse avec la présence du mésocarpe. Le taux de germination moyen des fruits débarrassés de l'épicarpe est *moins* élevé ( $87,5 \pm 2,54$  %) par rapport au témoin constitué des semences dépourvues de l'épicarpe et du mésocarpe. Cette variation du potentiel germinatif serait liée au fait que, le mésocarpe, lorsqu'il est en contact permanent avec l'eau et la microfaune, se ramollit progressivement. Cette dissolution du mésocarpe expose l'endocarpe aux contraintes extérieures qui le fragilisent et augmentent sa perméabilité à l'eau et à l'air, facilitant de ce fait son ouverture et l'émergence de la radicule. Ce résultat montre que, le mésocarpe retarde, mais n'empêche pas la germination des semences de *Guibourtia tessmannii*. Cette observation est contraire aux résultats des travaux de [13]. Selon lui, les graines de *Guibourtia tessmannii* pourvues d'un manchon arille dont les frugivores n'ont pas pu

consommer ont une capacité de régénération nulle. Cette différence pourrait s'expliquer par le fait qu'en période sèche, en raison du faible taux d'humidité du sous-bois forestier, l'arille (mésocarpe) se déshydrate et se dessèche, renforçant ainsi la barrière inhibitrice autour de la graine. Cette barrière retarde ou empêche la germination jusqu'à ce que les conditions d'humidité du milieu redeviennent favorables pour que la dissolution du mésocarpe soit possible et la graine germe au cas où elle demeure viable. L'influence du mésocarpe a été également mise en évidence chez les semences d'autres espèces, le cas particulier de *Balanites aegyptiaca*. Selon [17], le mésocarpe inhibe la germination des semences de cette espèce, ce qui nécessite la mise au point des prétraitements pour améliorer ses caractéristiques germinatives. La capacité germinative des graines extraites des fruits débarrassés de téguments est faible ( $34,15 \pm 1,20$  %). Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que l'isolement des graines des fruits, les expose aux contraintes environnementales défavorables, qui occasionnent la régression ou le pourrissement des cotylédons et l'embryon. Dans les conditions naturelles, la germination ne peut être enclenchée que lorsque le fruit est débarrassé de l'épicarpe déhiscent, et du mésocarpe qui est soit ramolli en présence d'eau, de la microfaune et de la température, soit éliminé par les rongeurs et les frugivores qui l'affectionnent. L'arille de *Guibourtia tessmannii* contiendrait des substances recherchées par les prédateurs et disperseurs des graines de l'espèce, notamment les rongeurs, les calaos. Cette meilleure potentialité germinative observée chez les semences débarrassées de l'épicarpe et du mésocarpe (taux de germination très élevé, délai et durée de germination courts) montre que la production massive des plants de l'espèce en pépinière est possible afin de renforcer sa régénération dans son biotope originel ; condition nécessaire pour assurer sa pérennisation dans son aire de distribution.

## 5. Conclusion

La présente étude a permis d'évaluer l'influence des téguments notamment l'épicarpe, le mésocarpe et l'endocarpe sur la germination des semences de *Guibourtia tessmannii*. Les résultats ont montré que, l'épicarpe est le principal obstacle à la germination des graines de l'espèce. Les fruits pourvus de l'épicarpe ne germent pas. Contrairement aux fruits débarrassés du mésocarpe, ceux qui en sont pourvus germent tardivement avec une durée et une vitesse de germination plus longues. Le meilleur taux de germination ( $97,50 \pm 1,13$  %) est obtenu en éliminant l'épicarpe et le mésocarpe c'est-à-dire, chez les fruits pourvus de l'endocarpe. L'extraction des graines des fruits, réduit drastiquement le taux de germination ( $34,2 \pm 1,20$  %). Les semences débarrassées de l'épicarpe et du mésocarpe chez lesquelles la germination est maximale peuvent être recommandées pour une production optimale des plants de *Guibourtia tessmannii*. Cependant, la compréhension de l'influence du gradient écologique pourrait être déterminante afin d'optimiser la germination de ces semences.

## Remerciements

*Nous remercions Monsieur Joël Bertrand NGOLA pour sa contribution à l'élaboration de la carte de localisation du site de l'étude.*

## Références

- [1] - N. P. BAKEHE, L'effet de la démographie sur la dégradation de l'environnement : le cas de la déforestation dans le bassin du Congo, *Développement durable et territoires*, 11 (3) (2020) 18 p.
- [2] - A. LAOUALI, G. I. DAN, T. A. YOUCHAOU, H. RABIOU and A. MAHAMANE, Etude de la germination de la graine et suivi de la croissance en pépinière de *Prosopis africana* (G. et Perr.) Taub., espèce menacée de disparition au Niger, *Annales de l'Université Abdou Moumouni*, Tome XVIII-A, (2015) 1 - 12
- [3] - C. VERMEULEN, C. SCHIPPERS, C. JULVE, N. F. D. MEZOGUE N, C. BRACKE and J. L. DOUCET, Enjeux méthodologiques autour des produits forestiers non ligneux dans le cadre de la certification en Afrique Centrale, *Bois For. Trop.*, 300 (2) (2009) 69 - 78
- [4] - J. LÉONARD, Notulae systematicae IX. Nouvelles observations sur le genre *Guibourtia* (Caesalpiniaceae), *Bulletin du Jardin botanique de l'État à Bruxelles*, Vol. 20, Fasc. 2, (1950) 269 - 284
- [5] - CIRAD, Fiche technique de Bubinga, Caractéristiques technologiques de 245 essences tropicales, *Tropix 6.0*, Montpellier, Fiche N° 139 (2008)
- [6] - T. TOSSO, K. DAÏNOU, O. J. HARDY, B. SINSIN and DOUCET, Le genre *Guibourtia* Benn., un taxon à haute valeur commerciale et sociétale (synthèse bibliographique), *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 19 (1) (2015) 71 - 88
- [7] - Y. J. E. MAHO, N. G. NTSOMBOH and Z. AMBANG, Development of Integrated Pest Management system in Agricultural Production in Cameroon and the Central African Sub Region, *World Journal of Agricultural Research*, Vol. 1, (6) (2013) 133 - 142
- [8] - A. RAPONDA-WALKER and R. SILLANS, Les plantes utiles du Gabon, In J. Vivien and J. J. Faure, Ed. Arbres des forêts denses d'Afrique Centrale, Paris, (1985)
- [9] - T. JIOFACK, Ethnobotanical uses of medicinal plants of two ethnoecological regions of Cameroon, *Int. J. Med. Sci.*, 2 (3) (2010) 60 - 79
- [10] - K. C. CHINSEMBU and M. HEDIMBI, An ethnobotanical survey of plants used to manage HIV/AIDS opportunistic infections in Katima Mulilo, Caprivi region, Namibia, *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 6 (25) (2010) 9 p.
- [11] - F. TOSSO, G. CHERCHYE, O. J. HARDY, K. DAÏNOU, G. LOGNAY, N. TAGG, B. HAUREZ, A. SOUZA, S. HEUSKIN, and DOUCET, Characterization of animal communities involved in seed dispersal and predation of *Guibourtia tessmannii* (Harms) J. Léonard, a species newly listed on Appendix II of CITES, *African Journal of Ecology*, Vol. 56, (3) (2017) 468 - 476
- [12] - M. BARSTOW, F. TOSSO and J. DOUCET, *Guibourtia tessmannii*. The IUCN Red List of Threatened Species, (2021)
- [13] - D. ESSONO, Aspects botanique, entomologique et symbiotique de trois arbres des écosystèmes forestiers : production de plants inoculés par les biofertilisants mycorhizien et rhizobien, Thèse de Doctorat (PhD), Université de Yaoundé 1, (2017) 138 p.
- [14] - P. DANTHU, L'inhibition tégumentaire des graines de *Faidherbia albida* et d'*Acacia raddiana* : aspect anatomique et application pratique, Atelier sur les symbioses acacias, France, *Bois et Forêts des Tropiques*, (238) (1993) 24 p.
- [15] - A. KHELOUFI, L. M. MANSOURI, M. DJELILATE, N. AZIZ, M. SAHNOUN, S. BOUKEMICHE, B. ABABSA, Levée de l'inhibition tégumentaire chez les semences de six arbres forestiers de la famille des légumineuses, Rencontres francophones légumineuses, Toulouse, France, 17 et 18 Octobre (2018)
- [16] - M. MBOLO, Germination et croissance des espèces forestières du Sud-Cameroun. Exemple de quelques Légumineuses et Sapotaceae, Thèse de Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle, Université de Yaoundé, (1990) 268 p.
- [17] - B. TRAORE, N. LETREUCH-BELAROUCI, R. SAHKI BOUTAMINE and A. GAOUAR, Caractérisation dendrométrique et étude des possibilités d'amélioration des performances germinatives de *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. dans la région de Tamanrasset (Ahaggar, Algérie), *Sècheresse*, 15 (2) (2005) 137 - 146
- [18] - O. NÉYA, F. A. HOEKSTRA and E. A. GLOVINA, Mechanism of endocarp imposed constraints of germination of *Lannea microcarpa* seeds, *Seed Sci. Research*, 18 (2008) 13 - 24

- [19] - A. AGBOGAN, D. BAMMITE, K. TOZO and K. AKPAGANA, Contribution à la multiplication par graines et par bouturage de segments de tiges et de racines de trois fruitiers spontanés de la région des savanes au Togo : *Haematostaphis barteri* Hook., *Lannea microcarpa* Engl. & K/ Krauss et *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst., *European scientific journal*, 10 (6) (2014) 195 - 211
- [20] - M. TOUMI, S. BARRIS, M. SEGHIRI, H. CHERIGUENE and F. AID, Effect of several methods of scarification and osmotic stress on seed germination of *Robinia pseudoacacia*, *L. C. R. Biologies*, 340 (2017) 264 - 270
- [21] - G. LIENOU, G. MAHE, J. E. PATUREL, E. SERVAT, D. SIGHOMNOU, G. E. EKODECK, A. DEZETTER and C. DIEULIN, Evolution des régimes hydrologiques en région équatoriale camerounaise : un impact de la variabilité climatique en Afrique équatoriale, *Hydrological Sciences Journal*, 53 (2008) 789 - 801
- [22] - P. MULLER and M. IKOUNGA, Reconnaissance pédologique du bassin versant représentatif d'Ottotomo (Centre-Cameroun), Yaoundé, ONAREST, XIV (1977) 67 p.
- [23] - E. WESTPHAL, J. EMBRECHTS J, J. D FERWERDA, H. A. E VAN GILS-MEEUS, H. J. W MUTSAERS and J. M. C WESTPHAL-STEVELS, Cultures vivrières tropicales avec références spéciales au Cameroun, Pudoc, Wageningen, Pays-Bas, (1985) 514 p.
- [24] - R. LETOUZEY, Notice de la carte phytogéographique du Cameroun au 1/500.000, IRA, Yaoundé, Institut de la carte internationale de la végétation, Toulouse, (1985)
- [25] - M. BOUABDELLI, A. ZOUAOUI and S. A. SNOUSSI, Impact de l'acide salicylique sur la germination et le statut hydrique de la tomate irriguée par une eau saline non conventionnelle, *Revue Agrobiologia*, 11 (2) (2021) 2660 - 2669
- [26] - T. M. L. AVANA, Domestication de *Prunus africana* (Hook.f.) Kalkam (Rosaceae) : Etude de la germination et du bouturage, Thèse de Doctorat Ph.D en Biotechnologie Végétale, Université de Yaoundé I, (2006) 132 p.
- [27] - D. COME, Problèmes de terminologie posés par la germination et ses obstacles, *Bulletin Société Française de Physiologie Végétale*, 14 (1) (1968) 3 - 9
- [28] - D. MEDJEUR, L. HANNACHI, S. ALI-AHMED, B. METNA and A. ABDELGUERFI, *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 73 (3) (2018) 318 - 329
- [29] - F. KOTOWSKI, Temperature relations to germination of vegetable seed, *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 23 (1926) 176 - 184
- [30] - P. ZERBO, B. BELEM, B. J. MLLOGO-RASOLODIMBY and P. VAN DAMME, Germination sexuée et croissance précoce d'*Ozoroainsignis* Del., une espèce médicinale du Burkina Faso, *Cameroon journal of experimental Biology*, 6 (2) (2010) 74 - 80
- [31] - M. K. ABDOU HABOU, H. RABIOU, L. ABDOU, S. ABDOURAHAMANE ILLIASSOU, A. A. E. SANOUSSI ISSOUFOU, A. SOUMANA and A. MAHAMANE, Germination et Croissance d'une espèce fruitière indigène au Niger : *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 13 (2) (2019) 693 - 703
- [32] - K. KOUADIO, M. KONE and D. SORO, Influence de l'ensoleillement sur la germination de quatre essences forestières en voie de d'extinction dans les forêts ivoiriennes, *Journal of Animal & Plants Sciences*, 23 (1) 3529 - 3538
- [33] - M. NADJAT, H. OKKACHA, H. NOURIA, B. BRAHIM, B. MOHAMED, Actes du 4ème Meeting International "Aridoculture et Cultures Oasisennes : Gestion des Ressources et Applications Biotechnologiques en Aridoculture et Cultures Sahariennes : perspectives pour un développement durable des zones arides, *Revue des Régions Arides*, 35 (3) (2014)
- [34] - N. BOUREDJA, Z. MEHDADI, F. Z. BENDIMERED and K. CHERIFI, Effets de quelques prétraitements physico-chimiques sur la levée de l'inhibition tégumentaire des graines de *Retama monosperma* Boiss. et recherches des conditions thermiques optimales de germination, *Acta Botanica Gallica*, 158 (4) (2011) 633 - 643
- [35] - J. M. BASKIN and C. C. BASKIN, A classification system for seed dormancy, *Seed Science Research*, 14 (2004) 1 - 16