

## Régénération de *Tieghemella heckelii* (A. Chev.) Pierre ex Dubard, un arbre en danger des forêts d'Afrique de l'Ouest et du Centre: Le poids des graines comme critère de sélection des semences

### [ Regeneration of *Tieghemella heckelii* (A. Chev.) Pierre ex Dubard, an endangered tree of West and Central African forests: Seed weight as a criterion for seed selection ]

OUATTARA Noufou Doudjo<sup>1-2</sup>, SORO Yénilougo<sup>1</sup>, N'DRI Aya Carine<sup>1</sup>, TRO Hippolyte Hermann<sup>1</sup>, GUEULOU Nina<sup>1</sup>, COULIBALY Doh Amed<sup>1-2</sup>, and BAKAYOKO Adama<sup>1-2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Botanique et Valorisation de la Diversité Végétale, UFR Sciences de la Nature, Université NANGUI ABROGOUA, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire (CSRS), 01 BP 1303 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** This study focuses on the effect of seed weight on the germination and growth of *Tieghemella heckelii*. For this purpose, seeds were collected from a single tree. The seeds were weighed and classified into three categories according to their weight (heavy, medium, light). Five germination and five seedling growth parameters were then measured from 264 selected seeds. The germination parameters are average time of germination (TeGe), the percentage of germination (PoGe), the rate of germination (ViGe), the length of epicotyl (LoEp) and the length of hypocotyl (LoHy). The growth parameters considered are the height of the plants (TaPl), the number of leaves (NoFe), the number of branches (NoRa), the length of the roots (LoRa) and the diameter at the collar of the plant (DiPl). The best germination percentages were observed with the heavy (THL) and medium seeds (61% and 55.12% respectively). The highest germination rate (3.21 seeds/day) was also obtained with medium seeds (THM) as well as the highest growth parameters while the light seeds (THP) showed the lowest values for both germination and growth parameters. These results suggest that seed-weight-based selection is an important criterion for the regeneration of *Tieghemella heckelii*.

**KEYWORDS:** *Tieghemella heckelii* (makoré), seed weight, germination, growth.

**RESUME:** Cette étude porte sur l'effet du poids des graines sur la germination et la croissance des jeunes plants de *Tieghemella heckelii* (makoré). Pour ce faire, les graines ont été collectées sur un seul individu. Ces graines ont été pesées et classées en trois catégories selon leur poids (lourds, moyens et légers). Cinq paramètres de germination et cinq paramètres de croissance ont été mesurés après semis de 264 graines sélectionnées. Les paramètres de germination étudiés sont le temps moyen de germination (TeGe), le pourcentage de germination (PoGe), la vitesse de germination (ViGe), la longueur de l'axe épicotyle (LoEp) et la longueur de l'axe hypocotyle (LoHy). L'effet du poids des graines a été évalué au niveau de cinq paramètres de croissance. Il s'agit de la taille des plants (TaPl), le nombre de feuilles (NoFe), le nombre de ramification (NoRa), la longueur des racines pivotantes (LoRa) et le diamètre au collet du plant (DiPl). Les résultats montrent que les graines lourdes (THL) et moyennes (THM) présentent les meilleurs pourcentages de germination (respectivement 61% et 55,12%). La vitesse de germination la plus élevée (3,21 graines/jour) et les paramètres de croissance les plus élevés ont été obtenus chez les graines moyennes tandis que les graines légères (THP) ont présenté les plus faibles valeurs aussi bien au niveau des paramètres de germination que de croissance. Ces résultats suggèrent que la sélection semencière basée sur le poids des graines est un critère à prendre en considération dans le choix des semences pour la régénération de *Tieghemella heckelii* (makoré).

**MOTS-CLEFS:** *Tieghemella heckelii*, makoré, poids des graines, espèce menacée, germination, croissance.

## 1 INTRODUCTION

Les plantes constituent des ressources naturelles indispensables à la survie, à l'alimentation et aux soins de l'homme [1]. Malheureusement, l'exploitation abusive des forêts entraîne la régression rapide de la couverture végétale, voire la disparition totale de certaines espèces très utiles aux communautés locales alors que peu d'informations existent sur leur biologie et leur sylviculture [2]. Parmi les principales espèces fréquemment exploitées en Côte d'Ivoire figurent les espèces fruitières sauvages qui contribuent à la sécurité alimentaire des populations rurales en particulier et font l'objet d'un commerce florissant dont les principaux acteurs sont les femmes [3]. Selon [4], une grande partie de ces espèces fournissent aux populations rurales de nombreux services écosystémiques notamment les services d'approvisionnements (aliments, médicaments, bois d'œuvre, bois de feu, fourrages, etc.). Cependant, de nombreuses espèces fruitières disparaissent ou se raréfient, de plus en plus, du fait de l'action de l'homme à travers principalement l'exploitation forestière, l'expansion agricole et l'urbanisation [3]. Dans ce contexte, l'évaluation du degré de menace et le suivi des espèces constituent des informations essentielles pour mettre en place des stratégies de conservation efficaces et adaptées. Ainsi, l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) définit des statuts de conservation pour les espèces dans le but de renseigner sur leur degré de menace. Plusieurs espèces, exploitées en Côte d'Ivoire sont considérées comme menacées par l'UICN dont le makoré (*Tieghemella heckelii* Pierre ex A.Chev.). En effet, le makoré est une espèce classée dans la catégorie « en danger: EN » depuis 1998 [5]. Le makoré est une espèce de bois d'œuvre de grande valeur commerciale et alimentaire [6]. Le makoré est l'une des espèces qui ont fait la gloire des exportations ouest-africaines de bois d'œuvre. Au Ghana par exemple, le makoré fait partie des huit espèces fournissant 84 % des exportations de bois du pays [7]. L'espèce est reconnue pour les nombreux services qu'elle rend aux populations locales. Les amandes sèches de *Tieghemella heckelii* renferment 40 à 50 % de matière grasse [8]; [9], comestible proche du beurre de karité. Le beurre de makoré est également appliqué comme pommade sur le corps et les cheveux et est utilisé pour la production de savon. Par ailleurs, les études de [8] ont révélé une grande efficacité des extraits de l'écorce du tronc du makoré sur une bactérie résistante (*Staphylococcus aureus*) à la méthicilline. Le makoré est originaire, selon la définition de [10], à la phytochorie du domaine guinéo-congolais. C'est une espèce caractéristique de la forêt dense humide sempervirente qui peut parfois remonter jusque dans les forêts humides semi-décidues [11]; [12]. En Côte d'Ivoire, la floraison a lieu de janvier à juin et on peut trouver des fruits mûrs d'août à mars [9]; [13]. Les exportations de makoré comme toutes les autres exportations ivoiriennes de bois ne cessent de décliner depuis plusieurs années [13]. Des travaux ont révélé que la capacité de régénération naturelle du makoré est faible [12], [14]. Ainsi, la préservation de cette importante espèce, mais menacée de disparition, nécessite une intervention humaine en termes de régénération et de reboisement. L'une des interventions sera de fournir des plants de qualité aux populations et aux gestionnaires de forêts dans le cadre des activités de reboisements, de sylviculture et d'agroforesterie. L'utilisation du makoré comme espèce agroforestière a été investiguée par [15]. Il en ressort que l'espèce peut être plantée sur des sites ouverts. Pour [16], la structure de sa cime, qui est relativement ouverte, permettant une bonne pénétration de la lumière, rend cette espèce éligible dans des programmes d'agroforesterie. Ces initiatives ne peuvent être réalisées que si l'on a une connaissance parfaite de la germination des graines, du choix des semences et de la croissance des plants. Les semences de makoré font partie de la catégorie de graines récalcitrantes [17]. Contrairement aux graines dites orthodoxes, elles ne peuvent pas être conservées longtemps sans perdre leur pouvoir germinatif. En effet, les graines récalcitrantes sont très sensibles à la dessiccation par séchage ou par congélation pendant la conservation *ex-situ* à cause de leur teneur élevée en eau [17]; [18]. [19] ont montré qu'au-delà de trois mois de conservation, les graines du makoré ne germent pas. Cet auteur et [13] ont obtenu à la suite de leurs études respectives sur la germination et la croissance des plantules du makoré, des résultats contrastés. Toutefois, le poids des graines ne faisait pas partie des critères de sélection des semences utilisées dans ces études. Plusieurs études ont montré que la variation du poids des graines à l'intérieur des espèces peut influencer leur performance germinative ainsi des paramètres de croissance des plantules [20]; [8]; [21]; [22]. La présente étude est une contribution à la mise en place d'un protocole de sélection des semences de makoré pour l'optimisation des taux de germination des graines et de croissance des plants dans le cadre des activités de reboisement et d'agroforesterie. A terme, il s'agira de mettre à disposition des acteurs un nombre suffisant de plants viables, vigoureux et ayant une croissance optimale.

## 2 MATERIELS ET METHODES

### 2.1 SITE D'ETUDE

La parcelle expérimentale se trouve au sein de l'Université NANGUI ABROGOUA au Sud de la Côte d'Ivoire dans le district d'Abidjan (**Figure 1**). Elle est localisée entre le 5°23'23" de latitude Nord et 4°00'49" de longitude Ouest. Le climat de la zone d'étude est du type tropical humide à quatre saisons dont deux saisons des pluies et deux saisons sèches [23], [24]. La grande saison des pluies part d'avril à juillet et la petite saison s'étend d'octobre à novembre. Quant à la grande saison sèche, elle couvre les mois de décembre à mars, tandis que la petite saison sèche est en août et septembre.



Fig. 1. Localisation du site d'étude (UNA) dans le district d'Abidjan

## 2.2 MATERIEL VEGETAL

Le matériel végétal est constitué de graines fraîches de makoré (*Tieghemella heckelii*). Le makoré est une espèce émergente, l'un des plus grands arbres de la forêt dense humide (**Figure 2**) pouvant atteindre 40 à 50 m d'hauteur sans contreforts à la base. Les graines sont de forme ellipsoïde et de couleur brun jaunâtre (**Figure 2**). Elles sont issues des fruits matures récoltés en septembre 2019 sur un même individu, situé au Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire (CSRS). Les graines ont été sélectionnées à l'issue d'un tri morphologique afin d'éliminer celles qui ne sont pas viables. Par ailleurs, aucun prétraitement n'a été réalisé sur ces graines.

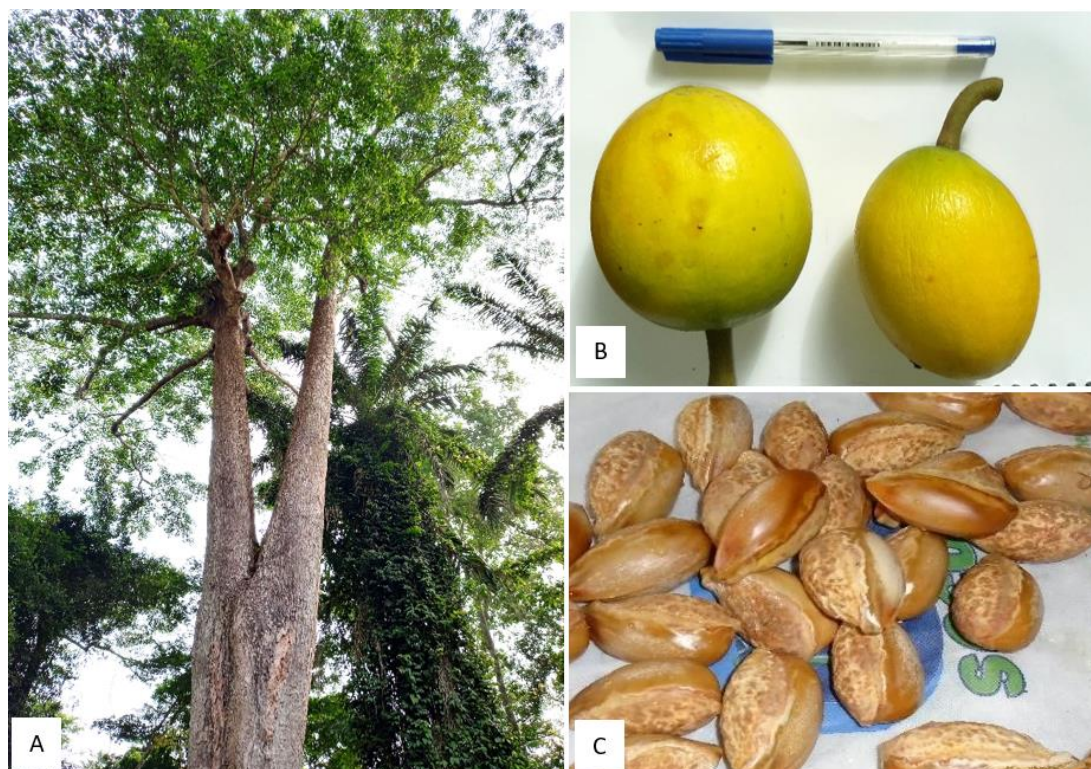


Fig. 2. *Tieghebella heckelii*: A-aspect du fût et du feuillage; B-fruits matures; C-graines

### 2.3 CATEGORISATION DES GRAINES SELON LEUR POIDS

Après extraction, les graines ont été pesées à l'aide d'une balance de précision (KERN, 5 g) pour obtenir les différents poids. Le poids moyen des graines a ensuite été calculé et une courbe de Gauss a été tracée à partir des poids obtenus. Cette courbe de distribution du poids des graines a permis de déterminer trois catégories de graines: graines légères, graines moyennes et graines lourdes. Cette catégorisation tient compte du poids moyen (PM), de l'écart type (EC) et du poids de chaque catégorie de graine (X).

Catégorie 1 ou « graines légères »

Les graines de cette catégorie sont celles dont le poids est inférieur ou égal au poids moyen moins deux fois l'écart type ( $X \leq PM - 2EC$ )

Catégorie 2 ou « graines moyennes »

Il s'agit des graines dont le poids est compris entre le poids moyen moins l'écart type et le poids moyen plus l'écart type ( $PM - EC \leq X \leq PM + EC$ )

Catégorie 3 ou « graines lourdes »

Il s'agit des graines dont le poids est supérieur ou égal au poids moyen plus deux fois l'écart type ( $X \geq PM + 2EC$ )

### 2.4 CONDUITE DE L'EXPERIMENTATION

Le dispositif expérimental utilisé pour la mise en place de la pépinière était constitué de trois parcelles élémentaires. Chaque parcelle était composée de sachets contenant une catégorie de graines. Les graines ont été enfouies manuellement dans des sachets préalablement remplis de terre en raison d'une graine par sachet à une profondeur de 8 centimètres. Au total 42 graines légères (THP), 35 graines lourdes (THL) et 187 moyennes (THM) ont été utilisées. Les parcelles élémentaires étaient espacées de 1 m les unes des autres et les sachets contenant les graines étaient distants de 10 cm (Figure 3). Les parcelles étaient recouvertes d'un abri construit à partir de cannes de bambou et de feuilles de palmier pour retenir l'humidité. La pépinière ainsi réalisée a été arrosée avec de l'eau de robinet tous les trois jours pour éviter la déshydratation.

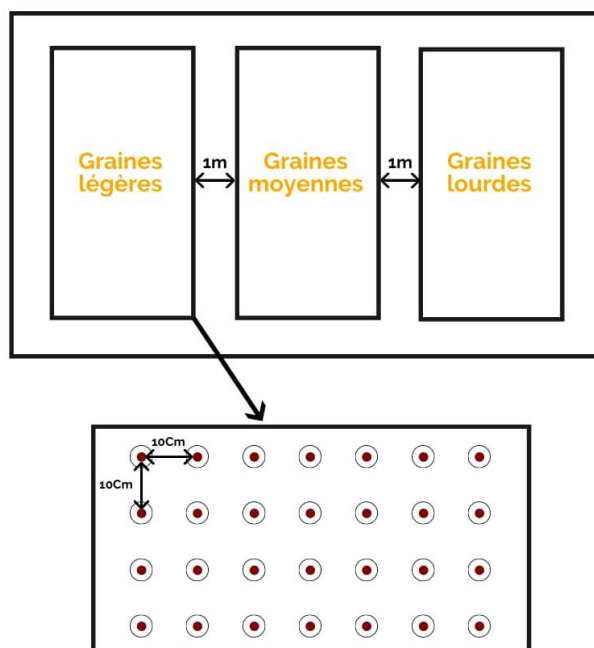


Fig. 3. Dispositif expérimental pour le semis des lots de graines de *Tieghemella heckelii*

## 2.5 PARAMETRES MESURES

### 2.5.1 PARAMETRES DE GERMINATION

Cinq paramètres relatifs à la germination des graines de chaque catégorie ont été mesurés sur une période de soixante-seize (76) jours. Ce sont: le temps moyen de germination (TeGe), le pourcentage de germination (PoGe), la vitesse de germination (ViGe), la longueur de l’axe épicotyle (LoEp) et la longueur de l’axe hypocotyle (LoHy). Une graine est considérée comme ayant germé lorsque, portée par l’hypocotyle, les cotylédons apparaissent au-dessus du niveau du sol [25]. Le temps moyen de germination correspond au temps mis par la graine depuis le semis jusqu’à l’apparition des feuilles cotylédonaires. Le pourcentage de germination est le rapport entre le nombre de graines germées et le nombre total de graines semées le tout multiplié par 100. Il est obtenu à l’aide de la formule suivante:

$$\text{PoGe} = \frac{\text{NGG}}{\text{NGS}} \times 100$$

Avec

PoGe: pourcentage de germination

NGG: nombre de graines germées

NGS: nombre de graines semées

La vitesse de germination est la somme des rapports entre le nombre  $n$  de graines germées au jour  $i$  et le nombre de jours  $J_i$  écoulés depuis le semis [26]; [27]. Elle a été calculée selon la formule suivante:

$$\text{ViGe} = \sum_{i=1}^k \frac{n_i}{j_i}$$

Avec

ViGe: vitesse de germination

$n_i$ : nombre de graines germées au jour  $i$

$j_i$ : nombre de jours écoulés depuis le semis

$k$ : nombre total de jours

La longueur de l'axe épicotyle correspond à l'entre-nœud compris entre les cotylédons et la première feuille. La longueur de l'axe hypocotyle est la partie de la tigelle située entre sa base (le collet) et les premiers cotylédons de la jeune plante. Ces mesures ont été prises à l'aide d'un pied à coulisse. Les données étaient prélevées tous les 2 jours.

### 2.5.2 PARAMETRES DE CROISSANCE

L'effet du poids des graines a été évalué au niveau de cinq paramètres de croissance. Il s'agit de la taille des plants (TaPl), le nombre de feuilles (NoFe), le nombre de ramification (NoRa), la longueur des racines pivotantes (LoRa) et le diamètre au collet du plant (DiPl). La taille des plants, correspondant à la distance allant du collet à l'apex collinaire, a été mesurée à l'aide d'un mètre-ruban chaque 10 jours. Le nombre de feuilles et le nombre de ramification ont été comptés à partir du 13<sup>ème</sup> mois. Le nombre de feuilles (NoFe), la taille des racines pivotantes (TaRa) et le nombre de ramification (NoRa) ont été évalués le 13<sup>ème</sup> mois après semis. Pour la taille des racines pivotantes, trois plantes par catégories ont été déterrées puis les racines pivotantes ont été mesurées du collet jusqu'à l'extrémité de la racine. La moyenne des trois valeurs a été ensuite calculée. Le diamètre au collet (DiPl) a été mesuré sur des plants âgés de 15 mois à l'aide d'un pied à coulisse et les valeurs obtenues ont servi à calculer les moyennes.

## 2.6 ANALYSE DE DONNEES

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel STATISTICA 7.1. Une analyse de variance (ANOVA 1) a été réalisée à partir du Model Linéaire Général (GLM). Le but est de vérifier l'influence du poids des graines de *Tieghemella heckelii* sur les paramètres de germination et de croissance. Lorsque cette analyse montre une différence entre les moyennes au seuil de 5 %, le test de la plus petite différence significative (*ppds*), est effectué dans le but de hiérarchiser les moyennes des différents paramètres. Ce test permet d'identifier le ou les poids qui induisent significativement cette différence [28].

## 3 RESULTATS

### 3.1 POIDS DES GRAINES DE TIEGHEMELLA HECKELII

Parmi les 264 graines retenues, la graine la plus légère était de 19,87 g et la plus lourde de 51,81g. Le poids moyen était de 33,38 g avec un écart type de 5,65. La courbe de distribution du poids des graines (**Figure 4**) montre un nombre important de graines moyennes (THM). En effet, 187 graines (soit 70,83 %) ont été dénombrées dans cette catégorie. Elles sont suivies de 42 graines légères (THP) soit 15,91% et 35 graines lourdes (THL) soit 13,26%. La **Figure 5** présente les trois catégories de graines de *Tieghemella heckelii*. Ainsi les graines de catégories 1 (graines légères) ont des poids variants entre 0 et 22,08 g. Celles de catégorie 2 (graines moyennes) ont des poids compris entre 27,73 g et 39,03 g et les graines de catégories 3 (graines lourdes) ont des poids compris entre 44,68 g et 51,81 g.

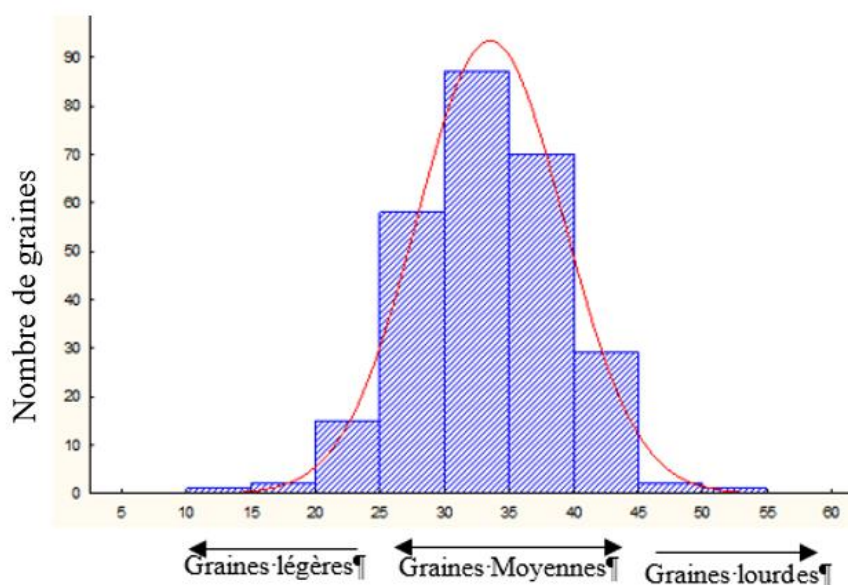


Fig. 4. Distribution du poids des graines de *Tieghemella heckelii*



Fig. 5. Représentation des trois catégories de graines de *Tieghemella heckelii*

### 3.2 EFFET DU POIDS DES GRAINES SUR CINQ PARAMETRES DE GERMINATION

L’analyse des résultats du (**tableau 1**) révèle que, sur cinq paramètres de germination deux sont influencés significativement ( $P < 0,001$ ) par le poids des graines. Il s’agit de la vitesse de germination et du pourcentage de germination. La vitesse de germination est accélérée chez les graines moyennes (3,21 graines/jour) par rapport aux graines lourdes et légères, qui présentent une faible vitesse de germination (respectivement 0,68 graines/jour et 0,48 graines/jour). Les meilleurs pourcentages de germination sont obtenus chez les graines lourdes et les graines moyennes. Elles ont des valeurs statistiquement identiques (respectivement 61,00 % et 55,12 %). Aucune différence significative n’est cependant observée entre les trois catégories des graines, au niveau du temps de germination ( $P = 0,83$ ), de la longueur hypocotyle ( $P = 0,25$ ) et épicotyle ( $P = 0,33$ ).

Tableau 1. Valeurs moyennes ( $\pm$ écart-type) des paramètres vitesse, temps, pourcentage de germination et de la longueur hypocotyle et épicotyle en fonction du poids des graines de *Tieghemella heckelii*

| Paramètres | Catégories des graines         |                                |                                | Statistiques |        |
|------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|--------|
|            | THP                            | THM                            | THL                            | F            | P      |
| ViGe (g/j) | 0,48 $\pm$ 0,18 <sup>b</sup>   | 3,21 $\pm$ 0,13 <sup>a</sup>   | 0,68 $\pm$ 0,77 <sup>b</sup>   | 243,97       | <0,001 |
| TeGe (j)   | 34,48 $\pm$ 5,44               | 34,00 $\pm$ 7,71               | 33,33 $\pm$ 5,74               | 0,18         | 0,83   |
| PoGe (%)   | 35,88 $\pm$ 21,94 <sup>b</sup> | 55,12 $\pm$ 24,37 <sup>a</sup> | 61,00 $\pm$ 25,96 <sup>a</sup> | 7,28         | <0,001 |
| LoHy (cm)  | 11,58 $\pm$ 3,48               | 10,95 $\pm$ 1,75               | 12,83 $\pm$ 1,62               | 7,42         | 0,25   |
| LoEp (cm)  | 10,75 $\pm$ 4,27               | 12,03 $\pm$ 3,14               | 13,67 $\pm$ 5,08               | 1,12         | 0,33   |

TeGe: temps de germination, ViGe: vitesse de germination, PoGe: pourcentage de germination, LoHy: longueur hypocotyle, LoEp: longueur épicotyle, THP: graines légères, THM: graines moyennes, THL: graines lourdes.

Les moyennes suivies de la même lettre sur une même ligne ne sont pas significativement différentes (Test de *ppds* au seuil de 5 %).

### 3.3 EFFET DU POIDS DES GRAINES SUR CINQ PARAMETRES DE CROISSANCE

Le (**tableau 2**) présente les paramètres de croissance en fonction de leur poids. La taille des plants, le nombre de feuilles, la longueur des racines, et le diamètre au collet des jeunes plantes de *Tieghemella heckelii* sont influencés significativement par le poids des graines ( $P < 0,001$ ).

Les graines lourdes et moyennes présentent les meilleurs résultats. Ces résultats sont statistiquement identiques au niveau de la taille des plants (respectivement 86,83 cm et 78,12 cm), et du diamètre au collet des jeunes plants (respectivement 1,80 cm et 1,69 cm). Quant au nombre de feuilles et à la longueur des racines pivotantes, ce sont les graines moyennes qui donnent les meilleurs résultats avec des valeurs respectives de 84,14 cm et 41,67 cm. Aucune différence significative n'est cependant observée entre les trois catégories des graines, au niveau du nombre de ramification ( $P=0,74$ ).

**Tableau 2.** Valeurs moyennes ( $\pm$ écart-type) des paramètres de croissance: taille des plants, nombre de feuilles, nombre de ramification, longueur des racines, et le diamètre au collet des plants de *Tieghemella heckelii*

| Paramètres | Catégories des graines         |                                |                                | Statistiques |        |
|------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|--------|
|            | THP                            | THM                            | THL                            | F            | P      |
| TaPl (cm)  | 49,75 $\pm$ 14,57 <sup>b</sup> | 78,12 $\pm$ 24,04 <sup>a</sup> | 86,83 $\pm$ 20,65 <sup>a</sup> | 8,26         | <0,001 |
| NoFe       | 31,67 $\pm$ 5,68 <sup>b</sup>  | 84,14 $\pm$ 0,58 <sup>a</sup>  | 80,33 $\pm$ 1,74 <sup>ab</sup> | 7,43         | <0,001 |
| NoRa       | 4,50 $\pm$ 5,68                | 3,33 $\pm$ 0,58                | 3,95 $\pm$ 1,74                | 0,29         | 0,74   |
| LoRa (cm)  | 20,50 $\pm$ 1,00 <sup>c</sup>  | 41,67 $\pm$ 1,00 <sup>a</sup>  | 37,00 $\pm$ 1,00 <sup>b</sup>  | 371,11       | <0,001 |
| DiPl (cm)  | 1,20 $\pm$ 0,25 <sup>b</sup>   | 1,69 $\pm$ 0,41 <sup>a</sup>   | 1,80 $\pm$ 0,30 <sup>a</sup>   | 8,51         | <0,001 |

TaPl (cm): taille des plants, NoFe: nombre de feuilles, NoRa: nombre de ramification, LoRa: longueur des racines, DiPl: diamètre au collet des plants, THP: graines légères, THM: graines moyennes, THL: graines lourdes.

Les moyennes suivies de la même lettre sur une même ligne ne sont pas significativement différentes (Test de *ppds* au seuil de 5 %)

#### 4 DISCUSSION

La présente étude a permis de classer les graines de *Tieghemella heckelii* en trois catégories en fonction de leur poids (légères, moyennes, et lourdes) puis à les faire germer. Les résultats ont montré que la vitesse de germination et le pourcentage de germination de *Tieghemella heckelii* sont significativement affectés par le poids des graines. Comme l'ont indiqué [22] et [29], la variation de la masse des graines à l'intérieur des espèces peut affecter leur germination. En effet, les graines moyennes ont présenté une vitesse de germination nettement meilleure que les graines lourdes et légères. Cela pourrait s'expliquer par l'état des téguments des graines moyennes qui seraient plus imbibés d'eau, entraînant leur ramollissement et une meilleure pénétration de l'eau dans les cellules de réserve. Ce métabolisme a ainsi engendré, le gonflement de ces cellules et la sortie de la radicule. La relative lenteur de la germination des graines lourdes pourrait s'expliquer en premier lieu, par l'abondance de l'albumen qui entoure les feuilles cotylédonaire et par la nécessité qu'éprouve le petit embryon de se développer d'abord en digérant ces matières de réserve [30]. Ensuite il pourrait s'agir de la nature coriace des téguments des graines de Sapotaceae. Les téguments constituent des barrières pour une bonne et longue hydratation des semences qui favoriserait une germination rapide [31]. Enfin au niveau hormonal, on pourrait justifier la lenteur de la germination des graines lourdes, par la mobilité de l'acide gibbérellique des graines lourdes qui serait perturbés par certains composés tel que les acides gras. La catégorie de graines légères, a montré une plus faible vitesse de germination. Du point de vue hormonal, cela peut être dû à la faible concentration de l'acide gibbérellique ( $GA_3$ ) dans les graines. La concentration des graines légères en  $GA_3$  ne serait pas suffisante pour stimuler les enzymes de dégradation des réserves (glucide, protéine et lipide) afin de favoriser la croissance de l'embryon. Cela pourrait également être dû au fait que les graines légères ne soient pas toutes viables et n'aient pas atteint la maturité complète.

Quant au pourcentage de germination, les résultats ont montré, des valeurs nettement élevées chez les graines lourdes (61%) et les graines moyennes (55,12%) par rapport aux graines légères (35,88%). [32] a indiqué que les graines lourdes ont fréquemment un pourcentage de germination ou d'émergence plus élevé que les graines légères. La présence d'une quantité importante de réserves nutritives dans ces graines pourrait être à l'origine de cette performance. En effet, cela aurait permis à tous les embryons de rester vivants pendant longtemps et de pouvoir germer dès que les conditions le permettent, même ce processus se déroule à une vitesse plus lente que chez les graines moyennes. Par ailleurs, Ces pourcentages de germination sont nettement différents de ceux de certaines graines collectées à différents endroits en Côte d'Ivoire et présentant des potentiels de germination avoisinant les 73 et 90 % [13], [6]. Cette différence des résultats pourrait s'expliquer par la provenance des graines. Les graines de la présente étude proviennent d'un seul individu de makoré tandis que celles de [13] et de [6] proviennent respectivement de l'ouest, dans le Parc National de Taï, et de l'arboretum du Centre National de Floristique (CNF) de l'Université Félix Houphouët Boigny. C'est donc à juste titre que les travaux de [33] et de [34] ont révélé que le taux de germination est influencé par les provenances des espèces. Cette différence de pourcentage de germination peut s'expliquer toujours par le phénomène de fitness darwinienne ou la valeur sélective. La valeur sélective, correspond à la contribution relative d'un génotype au pool de gènes de la génération suivante [35]. Ainsi, le nombre de descendants qu'un individu donné d'un génotype donné laisse dans la génération suivante est la valeur sélective. Par conséquent on peut émettre l'hypothèse que, la plante mère dont sont issues les graines collectées dans cette étude, a un génotype qui fait que ce sont les graines moyennes qui sont



meilleurs au détriment des graines lourdes et légères. Mais aussi cette différence de pourcentage de germination peut être due à la profondeur de semis des graines. La profondeur de semis des graines de makoré dans le sable contenu dans les sachets polyéthylène dans cette étude, a été de 8 cm de profondeur. Parmi ses résultats dans son étude sur *Isoberlinia* spp, [36] a présenté la profondeur de semis à une certaine profondeur comme un obstacle à une bonne germination de ses graines. D'après l'auteur, il a observé une décroissance régulière des paramètres de germination à partir de 3 cm de profondeur de semis. Les semis effectués entre 1 cm et 2 cm de profondeur permettent de maintenir le pourcentage de germination à de meilleures proportions. Sur les cinq paramètres de croissance mesurés, quatre ont été influencés par le facteur poids des graines. Ces paramètres de croissance sont: la taille des plants, le nombre de feuilles, la longueur des racines et le diamètre au collet. Les résultats obtenus indiquent que les plantules ayant une bonne croissance sont issues des graines de poids moyens. Ces résultats diffèrent de ceux de [37]; [38] qui ont trouvé que les graines lourdes présentaient les meilleures performances de croissances. Ces auteurs ont justifié ce résultat par le fait que les graines lourdes disposent de réserves nutritives suffisantes pour assurer leur croissance sur une longue période, après germination. Les travaux de [39] et [40] ont également montré que la viabilité et la vigueur sont deux facteurs liés. Ainsi, une bonne germination des graines entraîne une bonne croissance des jeunes plants. Les ressources initiales dans une graine jouent un rôle important dans les premiers stades du développement de la plante.

## 5 CONCLUSION

Il ressort de cette étude que la sélection des semences basée sur l'effet du poids des graines est nécessaire dans l'amélioration des valeurs des paramètres de germination de la graine et dans l'obtention de jeunes plants vigoureux. Afin de garantir une germination rapide des graines et obtenir à la longue des jeunes plants vigoureux il est préférable d'utiliser des graines de poids moyens.

## REMERCIEMENT

Nous remercions le Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire (CSRS) et l'université NANGUI ABROGOUA, pour leurs contributions dans la réalisation de cette étude.

## REFERENCES

- [1] H. Dupriez, et P. De Leener, Arbres et Agricultures multiétiquées d'Afrique, Terre et vie, CTA, Wageningen, 1993.
- [2] S. Sanogo, A. K. Sanogo et H. Yossi, Collecte et conservation durable des graines et d'échantillons de plantes. Rapport de recherche de la campagne. Bamako: 12<sup>e</sup> session de la Commission Scientifique de l'Institut d'Economie Rurale (IER), 2006.
- [3] A. J. B. Djaha, et G. M. Gnahoua, Contribution à l'inventaire et à la domestication des espèces alimentaires sauvages de Côte d'Ivoire: Cas des Départements d'Agboville et d'Oumé. *Journal of Applied Biosciences*, vol.78, pp. 6620-6629, 2014.
- [4] G. A. Ambé, Les fruits sauvages comestibles des savanes guinéennes de Côte d'Ivoire: état de la connaissance par une population locale, les Malinkés. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, vol.5, n°1, pp. 43-58, 2001.
- [5] International Union for Conservation of Nature (IUCN), Red List of Threatened Species. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org), 2018.
- [6] K. Kouadio, S. Sanogo, E. K. Kouassi, et C. S. Doffou, Effet des durées de conservation et du traitement à l'eau sur la germination des graines de *Tieghemella heckelii* Pierre ex A. Chev. (Sapotaceae) en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol.14, n°8, pp. 2880-2892, 2020.
- [7] Abbiw D.K., Useful plants of Ghana. West African uses of wild and cultivated plants. The Royal Botanic Gardens, Kew, 1990.
- [8] Fornah Y., Brima S., Mattia., Ayodeji A., Otesile., Kamara E G., Effects of Provenance and Seed Size on Germination, Seedling Growth and Physiological Traits of *Gmelina arborea*, Roxb. *International Journal of Agriculture and Forestry*, vol. 7, n°1, pp. 28-34, 2017.
- [9] Busson F., Plantes alimentaires de l'ouest africain. Etude botanique, biologique et chimique. Leconte, Marseille, France, 1965.
- [10] White F., Vegetation map of Africa. UNESCO. Paris, 1983.
- [11] C. J. Taylor, Synecology and silviculture in Ghana. Edinburgh and London, United Kingdom, Thomas Nelson and Sons Ltd, 1960.
- [12] Hawthorne W.D., *Ecological Profiles of Ghanaian Forest Trees*. Tropical Forestry Papers N°29. Oxford Forestry Institute. Department of Plant Sciences. University of Oxford, United Kingdom, 1995.
- [13] Bonnénin L., Domestication paysanne des arbres fruitiers forestiers Cas de *Coula edulis* Baill. Olacaceae, et de *Tieghemella heckelii* Pierre ex A. Chev., Sapotaceae, autour du Parc National de Taï. These University de Wageningen. La Fondation Tropenbos et l'Université de Wageningen. Côte d'Ivoire, 2000.
- [14] A. G. Voorhoeve, *Liberian high forest trees*. PhD-thesis, Wageningen Agricultural University, the Netherlands, 1965.
- [15] Ouattara S., Evaluation des dynamiques de croissance de *Tieghemella heckelii* (Sapotaceae) plantés dans le cadre de projets agroforestiers dans la périphérie Ouest du Parc National de Taï. Mémoire de DEA. Université NANGUI ABROGOUA. UFR Sciences de la Nature, 2013.

- [16] Bonn  hin L., Lemmens R.H., *Tieghemella heckelii* (A.Chev.) Roberty. In: Louppe, D., Oteng-Amoako, A.A. & Brink, M. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands, pp. 139-142, 2005.
- [17] Roberts E.H., Predicting the storage life of seeds. *Seeds Science and Technology*, vol. 1, pp. 499-514, 1973.
- [18] Ellis R.H., Hong T.D., Roberts E.H., An intermediate category of seed storage behavior? *Journal of Experimental Botany*, vol. 41, pp. 1167-117, 1990.
- [19] Kouadio K., Sanogo S., Kouassi E.K., Doffou C.S., 2020. Effet des dur  es de conservation et du traitement    l'eau sur la germination des graines de *Tieghemella heckelii* Pierre ex A. Chev. (Sapotaceae) en Côte d'Ivoire. Available online at <http://www.ifgdg.org> Int. *Journal. Biological. Chemical. Sci.*, vol 14, pp. 2880-2892, 2020.
- [20] L. Zhongqiang, L. Wei, Y. Lei, K. Xianghong, D. Xuwei, «Seed weight and germination behavior of the submerged plant *Potamogeton pectinatus* in the arid zone of northwest China». *Ecology and Evolution*, vol.5, n  7, pp. 1504-1512, 2015.
- [21] G. I. Touckia, O. D. Yongo, K. E. Abotsi, F. Wabolou, K. Kokou, Essai de germination et de croissance au stade juvénile des souches locales de *Jatropha curcas* L. en république centrafricaine. *European Scientific Journal*, vol.11, n  15, pp. 1857-7881, 2015.
- [22] Schaal B.A., Reproductive capacity and seed size in *Lupinus texensis*. *American Journal of Botany*, vol. 67, pp. 703-709, 1980.
- [23] J. B. Avit, P. L. P  dia et Y. Sankar  , Diversité biologique de la Côte d'Ivoire. Abidjan (Côte d'Ivoire). Rapport de synthèse, Ministère de l'environnement et de la forêt de Côte d'Ivoire, 1999.
- [24] J. Durand et L. Skubich, Les lagunes ivoiriennes, Aquaculture. Rapport de synthèse, pp. 211-250, 1982.
- [25] Zoro-Bi I.A., Koffi K.K., Dj   Y., Caractérisation botanique et agronomique de trois espèces de cucurbit  es consommées en sauce en Afrique de l'ouest: *Citrullus sp*, *Cucumeropsis manii* Naudin et *Lagenaria siceraria* (molina) Standl. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, vol. 7, n  3-4, pp. 189-199, 2003.
- [26] Maguire J.D., Speed of germination. Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, vol. 2, pp. 176-177, 1962.
- [27] Al-Maskri A.Y., Khan M.M., Iqbal M.J., Abbas M., Germinability, vigor and electrical conductivity changes in acceleratedly aged watermelon (*Citrullus lanatus*) seeds. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, vol. 2, n  3-4, pp. 100-103, 2004.
- [28] P. Dagn  lie, *Statistique théorique et appliquée*, (Tome 2) Ed. Bruxelles (Belgique): De Boeck et Larci  rs, 1998.
- [29] Zhang J & Maun MA, Effects of sand burial on seed germination, seedling emergence, survival, and growth of *Agropyron psammophilum*. *Canadian Journal of Botany*, vol. 68, n  2, pp. 304-310, 1990.
- [30] D. Louppe, La germination et les plantules des essences arborées de la forêt dense humide de la Côte d'Ivoire. Publication n  26 du centre technique forestier tropical, 1998.
- [31] D. Campin  , étude de la germination et des plantules de quelques essences spontanées de Combretaceae et Caesalpiniaceae au Burkina Faso, Mémoire de fin d'études Université de Ouagadougou Burkina Faso, 1992.
- [32] Weis M.I., The effects of propagule size on germination and seedling growth in *Mirabilis hirsuta*, *Canadian Journal of Botany*, vol. 60, pp. 1868-1874, 1982.
- [33] D. S. Akaffou, K. A. Kouam  , B. B. N. Gor  , Y. G. Abessika, K. H. Kouassi, P. Hamon, S. Sabatier and J. Duminil, Effect of the seeds provenance and treatment on the germination rate and plants growth of four forest trees species of Côte d'Ivoire. *Journal of Forestry Research*, vol.32, n  1, pp. 161-169, 2020.
- [34] G. I. Touckia, O. D. Yongo, K. E. Abotsi, F. Wabolou, K. Kokou, Essai de germination et de croissance au stade juvénile des souches locales de *Jatropha curcas* L. en république centrafricaine. *European Scientific Journal*, vol.11, n  15, pp. 1857-7881, 2015.
- [35] F. Vuilleumier, Rapports entre l'écologie et la génétique des populations. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, n  2, pp. 179-231, 1973.
- [36] P. A. Silu  , K. E. Kouassi, K. A. D. Koffi, D. Soro, Qualités germinatives des graines et croissance des plantules de *Isobertinia spp.* en milieu contrôlé (pépinière). *International of Journal Biological and Chemical Sciences* vol.11, n  1, pp. 93-106, 2017.
- [37] Saverimuttu T., Westoby M., Seedling longevity under deep shade in relation to seed size. *Journal of Ecology*, vol. 84, pp. 681-689, 1996.
- [38] S. C. Doffou, K. Kouadio and B. Camara, Effet des types de graines sur la croissance initiale de *Tieghemella heckelii* pierre ex a. chev. (sapotaceae) dans la pépinière de l'Unité de Gestion Forestière de d'Azagui  , Côte d'Ivoire. *Afrique SCIENCE*, vol. 19, n  5, pp. 111-112, 2021.
- [39] K. Kouadio, L. E. Bomisso, S. C. Doffou, Caractérisation de quelques paramètres physiologiques des graines de *Tieghemella heckelii* pierre ex a. chev. (sapotaceae) en fonction des durées de conservation, en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, vol.33 n  1, pp. 69-80, 2021.
- [40] N. D. Fouha bi, étude de l'incidence du poids des baies et des grains sur la viabilité et la vigueur des grains de *Lagenaria Siceraria* Molina Standl. (Cucurbitaceae)«, Mémoire de master, 2013.