

Les Amandes Nues des Graines de *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. (Fabaceae) Récoltées en Zone Soudanienne Assurent une Bonne Germination en Pépinière au Bénin, Afrique de l'Ouest

Sinadouwirou Théophile Abaro

Assede Pélagie Eméline

Orou Hidirou

M'mouyoum Kouagou

Dicko Aliou

Biaou Samadori Honoré

Natta Kuyéma Armand

Laboratoire d'Ecologie, Botanique et Biologie Végétale, Bénin
Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n27p275](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p275)

Submitted: 10 April 2022
Accepted: 27 August 2022
Published: 31 August 2022

Copyright 2022 Author(s)
Under Creative Commons BY-NC-ND
4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Sinadouwirou T.A., Assede P.E., Orou H., M'mouyoum K., Biaou S. H. & Natta K.A..(2022). *Les Amandes Nues des Graines de Detarium microcarpum Guill. et Perr. (Fabaceae) Récoltées en Zone Soudanienne Assurent une Bonne Germination en Pépinière au Bénin, Afrique de l'Ouest*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (27), 275.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p275>

Résumé

La régénération par graines de *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. est importante dans le contexte de sa conservation et sa domestication qui préserve son patrimoine génétique. La présente étude a pour objectif d'évaluer la germination des graines de quatre (04) provenances (Yeroumaro, Périmètre de reboisement de Parakou, Sinwan-Boumoussou et Triangle du Parc W) de *D. microcarpum* sous l'influence de trois (03) prétraitements. Les graines de chaque provenance ont été scindées en trois lots de 30 graines par prétraitement : i) graines contenues dans l'endocarpe et sans traitement ; ii) graines nues (graines extraites de l'endocarpe et sans traitement); iii) graines contenues dans l'endocarpe et trempées dans l'eau chaude pendant 7min puis dans l'eau tiède pendant 24h. Le dispositif de Fisher a été utilisé avec quatre répétitions, chaque bloc contenant une provenance. Les paramètres considérés

pour chacun des traitements sont le temps mis après le semis pour la germination de la première graine et le taux final de germination. Ces paramètres ont été analysés avec la régression bêta. Les données ont été également soumises à la méthode d'analyse de survie. Au terme de cette étude, il ressort que le taux de germination des graines de *D. microcarpum* varie avec le type de prétraitement et la provenance. Les meilleurs taux de germination des graines de *D. microcarpum* sont observés avec les graines nues ($\beta = 0.865 \pm 0.097$, $Z = 8.957$, $p < 2e-16$) collectées en zone soudanienne. Pour assurer une bonne régénération de *D. microcarpum* en pépinière, l'utilisation des graines nues récoltées dans la zone soudanienne peut être une meilleure option dans le cadre de la conservation et de la domestication de l'espèce au Bénin.

Mots clés: *Detarium microcarpum*, Prétraitement, Provenance, Germination, Bénin

Naked Almond Seeds of *Detarium microcarpum* Guill. et Perr.(Fabaceae) Harvested from the Sudanian Zone Ensure a Good Germination in the Nursery in Benin, (West Africa)

Sinadouwirou Théophile Abaro

Assede Pélagie Eméline

Orou Hidirou

M'mouyoum Kouagou

Dicko Aliou

Biaou Samadori Honoré

Natta Kuyéma Armand

Laboratoire d'Ecologie, Botanique et Biologie Végétale, Bénin
Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin

Abstract

In the context of *Detarium. microcarpum* conservation and domestication that preserves genetic heritage, its regeneration by seeds is important. The present study aims to evaluate the germination of *Detarium microcarpum* Guill. and Perr. (Fabaceae) seeds from four (04) sources, subjected to under the influence of three (03) pretreatments. Seeds from each source were split into three batches of 30 seeds for each pretreatment: (i) seeds with pericarp and no treatment; (ii) naked almond seeds (seeds without pericarp) and without treatment; (iii) seeds with pericarp and soaked in hot water for 7 min and then in warm water for 24h. Fisher's device was used with four repetitions; each block containing seeds from an area. The parameters

considered for each treatment are the time taken for the first seed after sowing to germinate and the final germination rate. These parameters were analyzed using beta regression. Data were also subjected to the survival analysis method. At the end of this study, it appears that the germination rate of *D. microcarpum* seeds varies with the type of pretreatment and the source. The best germination rates of *D. microcarpum* seeds are observed with naked almond seeds collected in sudanian zone. ($\beta = 0.865 \pm 0.097$, $Z = 8.957$, $p < 2e-16$) In the context of the conservation and domestication of *Detarium microcarpum* in Benin, the present study suggests, as a best regeneration option in the nursery, the use of naked almonds from seeds harvested in the Sudanian zone.

Keywords: *Detarium microcarpum*, Pretreatment, Source, Germination, Benin

1. Introduction

Les espèces locales font partie de l'écosystème en place et s'intègrent aux différentes fonctions que joue l'écosystème. Elles sont utiles non seulement pour leur bois, mais également en tant que espèces médicinales, fourragères et alimentaires (Ouro-Djeri *et al.*, 2001). C'est le cas de *Detarium microcarpum* de Guill. et Perr. dont l'exploitation se fait toujours à l'état sauvage. Cet arbre des tropiques (Arbonnier, 2002) est une espèce dont le fruit sucré et autres organes sont utilisés pour le traitement de plusieurs maladies telles que la méningite, la tuberculose, l'hémorroïde, etc. (Agbo *et al.*, 2017). Il est une source potentielle de polyphénols possédant des propriétés antioxydantes d'origine naturelle qui justifient son utilisation traditionnelle dans le traitement de nombreuses affections lié au stress oxydatif (Hama *et al.*, 2019). Son bois, assez dur est utilisé comme bois de feu par les populations locales (Ouedraogo, 1997; Agbo *et al.*, 2017). La capacité de *D. microcarpum* à pousser sur tout type de sols, quelques soit la zone agro écologique (Kouyaté et Lamien, 2011; Kouyaté et Van Damme, 2002), fait de lui un bon candidat dans les programmes de plantation et reboisement à base d'espèces autochtones. Les graines sont disséminées par l'homme, les rongeurs, les singes et autres animaux qui se nourrissent de la pulpe du fruit sucré (Bationo et Ouedraogo, 2002).

D. microcarpum est une espèce qui se reproduit aussi bien par voie sexuée que végétative (Bationo *et al.*, 2001; Kouyaté et Lamien, 2011). L'espèce présente une forte capacité à régénérer par voie végétative en émettant rapidement des rejets ou drageons au passage d'une perturbation telles que le feu de brousse et les coupes (Bationo *et al.*, 2010). Cependant, le nombre de rejets émis par la plante diminue avec l'âge (Ouedraogo, 1997). L'individu issu de la reproduction végétative étant identique au parent, les

risques de consanguinité et d'érosion génétique seraient plus élevés (Ricez, 2008). Au Bénin, il existe une assez grande diversité génétique de *D. microcarpum* (Agbo *et al.* 2018). Le mode de reproduction sexué permet le maintien de la variabilité génétique d'une espèce car le patrimoine génétique diffère d'un individu à un autre (Ouedraogo, 1997). Mais dans la nature, la régénération de *D. microcarpum* par la reproduction sexuée est perturbée et compromise à long terme par l'effet des feux de végétation qui surviennent en phase de maturation des fruits et détruisent l'embryon (Dourma *et al.*, 2006; Bastide et Ouedraogo, 2008; Ky-Dembele *et al.*, 2010) et l'action de certains rongeurs tels que *Cricetomys gambianus*, destructeurs du noyau de la graine (Bationo et Ouedraogo, 2002). Les difficultés de régénération par graines dans la nature combinées à la nécessité de conservation du patrimoine génétique confèrent une grande importance à la maîtrise des techniques de reproduction par graines de *D. microcarpum* dans le contexte de sa conservation et de sa domestication. La germination des graines est la première étape du cycle de vie d'une plante (Simão and Takaki, 2008). Elle est l'étape clé pour réussir l'établissement, la croissance et la poursuite de l'expansion des populations végétales (Hao *et al.*, 2017). La germination des graines peut être influencée par divers facteurs intrinsèques (par exemple, la dormance sous ses diverses formes, la qualité des graines, la maturité, la tolérance à la dessiccation, l'âge) et les conditions environnementales (par exemple, l'eau, l'oxygène, la température, la lumière) (Daws *et al.*, 2005; Sata *et al.*, 2020, 2020; Tweddle *et al.*, 2003). Pour de nombreuses essences forestières, un prétraitement spécial des graines est nécessaire pour obtenir une germination satisfaisante. Les prétraitements ne font pas germer les graines, mais les rendent capables de germer ultérieurement quand toutes les conditions requises sont réunies. C'est, par définition, le (ou les) prétraitement(s) réalisé(s) avant, pendant ou après la conservation, qui permettent l'élimination de la dormance par leurs effets mécaniques, chimiques et physiologiques (isolés ou associés) (Barbedo, 2018). C'est en fonction de la constitution de l'endocarpe des graines que le type de prétraitement est défini (Ahoton *et al.*, 2009; Hamawa *et al.*, 2020). Ainsi, pour les graines ayant un endocarpe dur, il est nécessaire d'appliquer des méthodes de scarification mécanique pour la germination (Bationo *et al.*, 2001; Raji and Siril, 2018; Razanameharizaka *et al.*, 2006). Plusieurs autres méthodes de prétraitements des graines sont aussi connues notamment le prétraitement à l'acide sulfurique (Baatuuwie *et al.*, 2019; Kouyaté et Van Damme, 2006) et le choc thermique (Leonor *et al.*, 2016). Dans la nature, la germination de *D. microcarpum* est favorisée par l'intervention des termites phytophages qui enterrent les fruits par leurs constructions, humidifiant ainsi l'endocarpe (Bationo *et al.*, 2001).

Par ailleurs, plusieurs études ont rapporté que la provenance des graines/semences est un facteur qui influence le pouvoir germinatif ou taux de

germination, l'établissement et la croissance de la plantule (Akaffou *et al.*, 2019; Pérez-Fernández *et al.*, 2019; Pulatkan and Kamber, 2019; Sata *et al.*, 2020; Yaema *et al.*, 2017). En effet, les caractères génétiques de la population source et l'impact des facteurs environnementaux de la plante mère, impriment des caractères spécifiques et des capacités intrinsèques différentes aux graines à germées (Bewley et Black, 1994; Uniyal *et al.*, 2003; Pérez-Fernández *et al.*, 2019). Au Bénin, *D. microcarpum* présente une variabilité phénotypique assez grande avec les fruits plus longs et plus grands en zone soudanienne, dans le Borgou-Nord, suggérant que les graines de cette zone disposent des meilleures capacité de germination que les autres (Agbo *et al.*, 2018). Une décision critique dans la gestion des ressources forestières est le choix des provenances/sources des semences pour le reboisement (Shu *et al.*, 2012) et des prétraitements appropriés pour assurer une réussite de la germination, de l'établissement et de la croissance des plants.

La présente étude se situe dans ce contexte où elle vise de façon globale l'évaluation des conditions de réussite de la multiplication par graines de *D. microcarpum* pour sa sylviculture dans le but de sa conservation et de sa domestication. A cet effet, deux hypothèses ont été formulées (i) la méthode d'extraction des graines de l'endocarpe lignifié et/ou le trempage à l'eau chaude améliore significativement la durée de germination et le pouvoir germinatif, (ii) les semences provenant de la zone soudanienne ont une durée de germination plus courte, un pouvoir germinatif plus élevé que celles qui proviennent de la zone soudano-guinéenne. Ainsi, l'influence des quatre provenances de graines et des trois types de prétraitements a été évaluée sur la durée de germination et le pouvoir germinatif des graines de *D. microcarpum*.

2. Méthodes

2.1. Milieu d'étude

L'expérimentation a été conduite sur le périmètre de reboisement de Parakou au Bénin. Il présente un climat du type soudanien, caractérisé par deux saisons : une saison sèche (Novembre à Avril) et une saison pluvieuse (Mai à Octobre) avec une variation de pluviométrie moyenne annuelle entre 960 mm et 1050 mm. Le mois de septembre est le plus pluvieux avec la moyenne mensuelle de 211mm. La température moyenne mensuelle varie entre 24,5°C et 28,9°C. Les maxima (36°C) sont enregistrés en Février-Mars, et les minima (18,3°C) en période d'harmattan, les mois de Novembre, Décembre et Janvier. Le Périmètre de Reboisement de Parakou repose sur un sol à texture légère et structure fragile (sablo-argilo).

2.2. Provenance, prétraitements des graines et collecte des données Site de collecte des graines, prétraitements et dispositif expérimental

La collecte des graines a eu lieu en Février 2018 dans les peuplements d'élites au niveau de quatre sites répartis dans deux zones écologiques : soudanien et soudano-guinéen. La provenance *Yèroumaro* (Prov1 : 9,406°N et 2,378°E) et la provenance *périmètre de reboisement de Parakou* (Prov2 : 9,340°N et 2,613°E) sont du District phytogéographique du Borgou-Sud et de la zone soudanienne alors que les provenances *Sinwan-Boumoussou* (Prov3 : 11,022°N et 3,421°E) et *Triangle dans le Parc W* (Prov4 : 11,423°N et 2,178°E) sont du district phytogéographique Borgou-Nord et de la zone soudano-guinéenne. Tous les fruits ont été récoltés sur plusieurs arbres distants d'au moins 100 mètres et ayant les mêmes caractéristiques dendrométriques. Ensuite les graines ont été conservées dans une même salle à la température ambiante de la salle.

Avant le semis, trois types de prétraitements sont considérés : les graines avec endocarpe sans aucun prétraitement, les graines avec endocarpe prétraitées à l'eau chaude et les graines débarrassées de leur endocarpe (Figure 1).



Figure 1. Types de prétraitements des graines de *Detarium microcarpum* avant la mise en terre : A.:Fruits entiers de *Detarium microcarpum* ; B : Graines avec endocarpe de *Detarium microcarpum* (TO) ; C : Graines et endocarpe de *Detarium microcarpum* trempé dans l'eau chaude (TE) ; D : Graines sans endocarpe de *Detarium microcarpum* (TS).

Les amandes nues c'est-à-dire les graines sans endocarpes, sont obtenues en enlevant l'endocarpe après l'avoir brisé. Le prétraitement à l'eau chaude a consisté à plonger les graines à endocarpe de *D. microcarpum* dans de l'eau bouillante (87,3°C) pendant 7 minutes puis les tremper dans l'eau tiède (29,3°C) pendant 24 heures (Kouyaté et Van Damme, 2002).

Les graines ainsi traitées ont été semées à raison d'une graine par sachet, sur le site de la Pépinière Ecole de l'Inspection Forestière du Borgou. Le substrat utilisé est du terreau prélevé sur place, mélangé de façon homogène dans les sachets polyéthylènes de 8 cm de diamètre et de 20 cm de hauteur. La profondeur de semis est de 6 cm (deux à trois fois son diamètre) afin de maintenir l'humidité favorable à leur germination (AgroBio, 2013). La fréquence d'arrosage est deux fois par jour (7h-8h et 17h-18h, heures locales) comme recommandé par Aho et Kossou (1997). La quantité d'eau apportée au total est de 44 litres par jour (onze litres pour deux blocs comportant 180 pots, donc 22 litres pour les 360 pots).

Le dispositif expérimental est composé de 360 pots (sachets polyéthylènes) répartis en quatre blocs. Chaque bloc ou répétition est composé des trois types de prétraitements : graines à endocarpe sans traitement (TO), graines à endocarpe traité à l'eau chaude (TE) et graines sans endocarpe (TS) ou amandes nues. Chaque prétraitement est constitué de 30 pots disposés de façon aléatoire dans chaque bloc. Le dispositif utilisé est celui de Fisher.

Collecte des données

La collecte des données a été effectuée de façon journalière après le semis en relevant la date de la première émergence des plantules dans chaque lot de 30 graines et le nombre de plantule émergée par prétraitement pendant 30 jours. Les graines considérées germées sont celles dont l'émergence des plantules a été observée (Baatuuwiew *et al.*, 2019 ; Dossa *et al.*, 2020).

2.3. Traitement des données

Effet du prétraitement et de la provenance sur la probabilité de germination des graines de *Detarium microcarpum*

Supposant que toutes les graines germées dans le sol n'ont pas eu la capacité d'émerger à la surface et par défaut d'informations sur celles qui ont germé et qui n'ont pas émergé, la méthode d'analyse de survie a été utilisée (Lee et Wang, 2003) pour décrire l'évolution de la probabilité de non germination dans le temps en estimant la fonction de survie.

Les données de survie sont toujours censurées et non normales de telle sorte que les méthodes conventionnelles telles que les regressions linéaires ne sont pas appropriées (Ariyo *et al.*, 2012). Le modèle semi-paramétrique (Pourhoseingholi *et al.*, 2011) à hasard proportionnel développé par (Cox, 1972) a été utilisé.

Les analyses ont été effectuées avec le package survival (Therneau et Grambsch, 2000) sous le logiciel R3.4.2 (R Core Team, 2017). Le package MASS (Venables et Ripley, 2002) a été utilisé pour la sélection des variables qui affectent significativement la germination à partir du modèle saturé. La

fonction «plot ()» du logiciel R a été utilisée pour afficher la courbe de survie de Kaplan-Meier.

Effet du prétraitement et de la provenance sur le pouvoir germinatif des graines de *D. microcarpum*

Le pouvoir germinatif des graines des différentes provenances a été apprécié à travers le taux de germination (TG) et la durée de germination des graines.

$$TG (\%) = \frac{NGG * 100}{NTGS}$$

NGG= Nombre germées par traitement ; NTGS= Nombre total de graines semées par traitement.

La durée de germination est déterminée par la différence en termes de nombre de jours entre la première et la dernière graine germée.

Pour tester l'effet des prétraitements des graines et de leur provenance sur le pouvoir germinatif, la regression beta a été réalisée avec le package betareg (Zeileis et al., 2010). Quatre modèles ont été construits puis le Critère d'Information d'Akaike (AIC) a été utilisé pour sélectionner le modèle qui permet d'ajuster au mieux les données. Le modèle sans interactions a été choisi car ayant la plus petite valeur de AIC (Akaike Information Criterion) et le plus petit nombre de paramètre (Burnham et Anderson, 2004).

Les provenances (SINW, TPW et YERI) ont été comparées à la provenance du périmètre de reboisement de Parakou (PRP). Les prétraitements à l'eau chaude (TE) et graine nues (TS) ont été comparés aux graines à endocarpe sans prétraitement (TO).

3. Résultats

3.1. Effet du prétraitement et de la provenance sur la probabilité de germination et le temps de la première germination

La probabilité de germination des graines après semis augmente avec le temps (Figure 2). La probabilité de germination des graines nue (TS) est significativement plus élevée que celle des graines avec endocarpe traitées à l'eau chaude (TE) (Figure 2A, $\beta_{TS \text{ vs. } TE} = 2.132 \pm 0.193$, $Z = 11.057$, $p < 0.0001$) avec respectivement 11 jours et 19 jours de temps minimal de la première germination après le semis. Les graines avec endocarpe prétraitées à l'eau chaude (TE) ont une probabilité de germination faible et inférieure à celle des graines sans prétraitement (TO) (Figure 2A, $\beta_{TE \text{ vs. } TO} = -1.849 \pm 0.204$, $z = -9.068$, $p < 0.0001$) dont le temps minimal de la première germination est de 15 jours après le semis. La provenance ne présente aucun effet significatif sur la probabilité de germination des graines de *Detarium microcarpum* (Figure 2B).

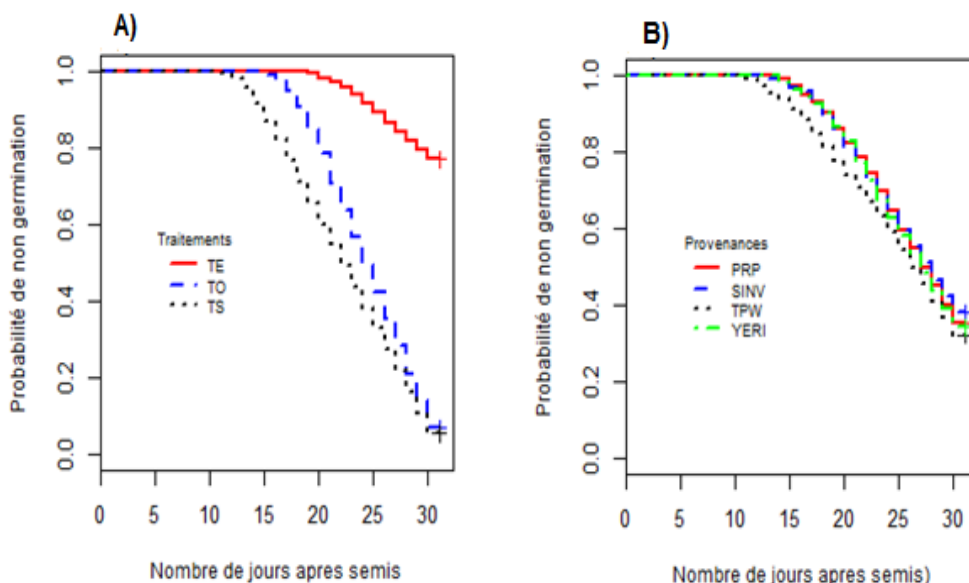


Figure 2. Effet du prétraitement (A) et de la provenance (B) sur la probabilité germination des graines de *Detarium microcarpum*. PRP : Périmètre de reboisement de Parakou ; YERI : Yeroumaro, TPW : Triangle de Parc W et SINW : Sinwan.

3.2. Effet du prétraitement et de la provenance sur le pouvoir germinatif

Les taux de germination varient suivant le type de prétraitement et la provenance (Tableau 1). La germination des gaines nues (TS) se stabilise avec les meilleurs taux de germination suivant la provenance Sinwan (80 %). Par contre, les graines à endocarpe traitées à l'eau chaude présentent les plus faibles taux d'émergence avec une moyenne, toutes provenances confondues, de $5 \pm 2,43$ % contre $53,75 \pm 3,35$ % pour les graines à endocarpe non traitées et $66,25 \pm 7,33$ % pour les amandes nues. La moyenne globale des taux de germination pour tous prétraitements confondus varie de $33,33 \pm 9,42$ % pour la provenance PR-Parakou à $46,67 \pm 14,98$ pour la provenance Sinwan (Tableau 1).

Tableau 1. Pouvoir germinatif (%) selon la provenance et le prétraitement

Prétraitements	Provenances				Moyenne \pm ES
	PR - Parakou	Triangle Parc W	Sinwan	Yeroumaro	
TE	5,00	1,67	3,33	10,00	$5,00 \pm 2,43$
TO	41,67	63,33	56,67	53,33	$53,75 \pm 3,35$
TS	53,33	73,33	80,00	58,33	$66,25 \pm 7,33$
Moyenne \pm ES	$33,33 \pm 9,42$	$46,11 \pm 14,81$	$46,67 \pm 14,98$	$40,56 \pm 11,62$	$41,67 \pm 6,12$

ES = Erreur standard.

Le prétraitement des graines a un effet significatif sur le taux de germination. Le prétraitement à l'eau chaude (TE) donne un taux de germination significativement inférieur à celui du témoin (TO), graines avec endocarpe sans prétraitement ($\beta = -2.887 \pm 0.262$, $Z = -11.034$, $p < 2e-16$). Les graines nues germe beaucoup plus que les graines à endocarpe sans prétraitement ($\beta = 0.865 \pm 0.097$, $Z = 8.957$, $p < 2e-16$). Par ailleurs, les graines nues (TS) ont un taux de germination significativement plus élevé que les graines avec l'endocarpe traitées avec de l'eau chaude (TE) ($\beta = 2.751 \pm 0.358$, $Z = 19.991$, $p < 2e-16$) (Tableau 2 ; Figure 3A).

L'effet de la provenance sur l'émergence des graines de *D. microcarpum* est également significatif. En effet, les graines provenant de la zone soudanienne (Sinwan : SINW et Triangle Parc W : TPW) ont un taux de germination significativement plus élevé que celles provenant de la zone soudano-guinéenne (Périmètre de reboisement de Parakou : PRP et de Yéroumarou : YERI) (Sinwan : $\beta = 0.612 \pm 0.134$, $Z = 4.577$, $p = 0.000005$ et du Triangle du Parc W : $\beta = 0.605 \pm 0.134$, $Z = 4.520$, $p = 0.000006$) (Tableau 2 ; Figure 3B).

Tableau 2. Effet des prétraitements et des provenances sur le taux de germination

Variables	Coefficients	Erreur standard	Z	Pr (> z)
Intercept	-1.91	0.12	-16.17	< 2e-16 ***
Traitement-TE	-2.88	0.26	-11.03	< 2e-16 ***
Traitement-TS	0.86	0.09	8.96	< 2e-16 ***
Provenance-SINW	0.61	0.13	4.58	4,73e-6 ***
Provenance-TPW	0.60	0.13	4.52	6,17e-6 ***
Provenance-YERI	0.14	0.14	1.02	0.308

PRP : Périmètre de reboisement de Parakou ; YERI : Yéroumaro, TPW : Triangle du Parc W et SINW : Sinwan ; TO : graine à endocarpe sans prétraitement, TE : prétraitement à l'eau chaude et TS : amande nue (Graine sans endocarpe).

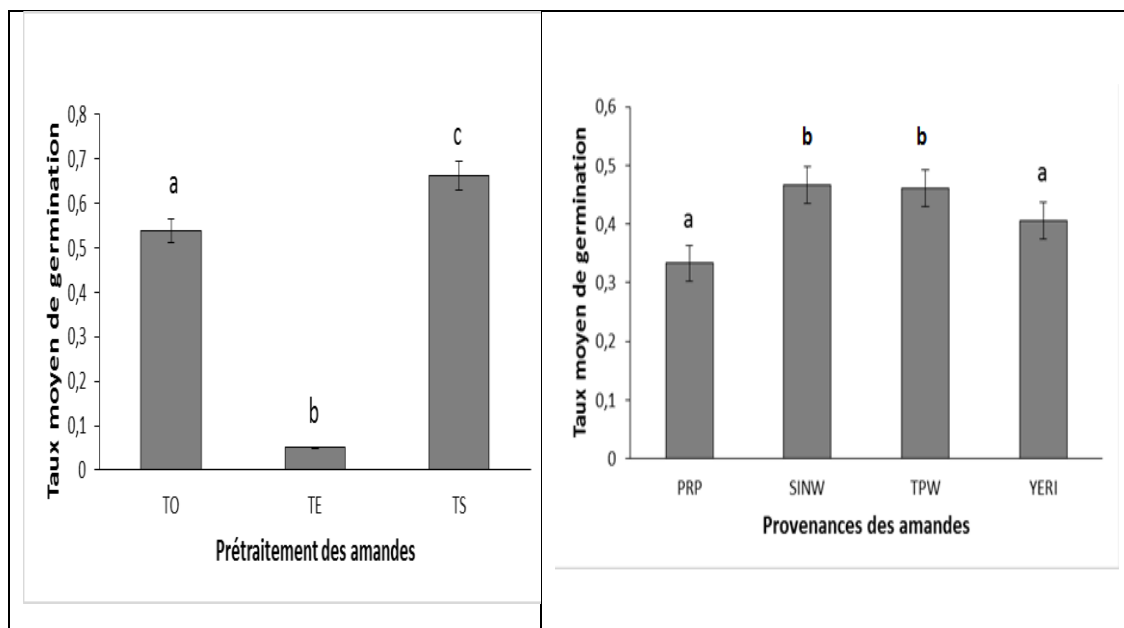


Figure 3. Valeurs moyennes des taux de germination selon les prétraitements (A) et les provenances (B).

4. Discussions

4.1. Effet du prétraitement sur la germination des graines de *Detarium microcarpum*

Les résultats de la présente étude montre que le prétraitement des graines a un effet significatif sur la germination des graines de *D. microcarpum*. La mise à nu des graines réduit le temps de germination et améliore le pouvoir germinatif de *D. microcarpum*. L'effet significatif des prétraitements sur la germination des graines et des spores a déjà été rapporté sur *D. microcarpum* (Baatuwie *et al.*, 2019), *Elaeocarpus serratus* (Raji *et al.*, 2018), *Lannea microcarpa* (Lompo *et al.*, 2019), *Sclerocarya birrea* (Hamidou *et al.*, 2014), *Nyssa spp* (Balestri *et Graves*, 2016) et sur certains champignons (Kosso *et al.*, 2022 ; Kipyegon *et al.*, 2019).

Le délai de germination ou temps de première germination correspond au temps écoulé entre le semis et la première germination. Selon les résultats obtenus, nous notons que la probabilité de germination et le délai de germination des graines varient suivant les prétraitements. Les graines nues ont la plus grande probabilité de germer avec un plus court délai (11 jours). Cela s'expliquerait par le fait que l'eau pénètre directement la graine sans la barrière de l'endocarpe enlevée permettant ainsi aux échanges gazeux et à l'hydrolyse enzymatique de transformer l'embryon en plantule sans affecter négativement les organes fonctionnels de la graine. L'eau a été indiquée comme une condition nécessaire à la germination des graines de *D.*

microcarpum à endocarpe dur qui doit être rompu avant l'émergence de la radicule et du plumule (Azad *et al.*, 2011). En effet, en milieu naturel, les conditions de germination des graines de *D. microcarpum* sont favorisées par les termites phytophages en induisant une humidification à travers leurs enfouissements (Bationo *et al.*, 2001). Le même nombre de jours de délai de germination a été rapporté au Ghana par Baatuuwie *et al.* (2019) sur les graines de *D. microcarpum* trempées dans de l'acide sulfurique (50%) pendant 1 à 15 minutes ou dans de l'eau chaude pendant 15 à 45 minutes. Compte tenu de ces temps de germination, les graines de *D. microcarpum* pourraient être qualifiées de « graines dormantes », car le délai de germination est supérieur à 7 jours contrairement aux graines de *Saba senegalensis*, qualifiées de « graines non dormantes » (Sata *et al.*, 2020), dont la germination commence, 3 jours après le semis, soit en moins de 7 jours.

Le taux de germination des graines nues est significativement supérieur à celui des graines témoins (graines avec endocarpe et sans traitement). Ces résultats pourraient s'expliquer par la présence de l'endocarpe de la graine qui donne une certaine imperméabilité au tégument des graines. Dans les résultats rapportés par Baatuuwie *et al.* (2019), le traitement témoin (TO) a généralement enregistré un faible pourcentage de germination par rapport à la plupart des prétraitements, ce qui vient confirmer un certain niveau de dormance chez *D. microcarpum*. Les mêmes résultats sont également obtenus avec les essais de germination sur *Neocarya macrophylla* dont le fruit est une drupe et une graine oléagineuse chez qui les graines n'ayant subi aucun prétraitement ont donné un taux de germination inférieur à celui des graines traitées (Guimbo *et al.*, 2011). Chez deux espèces du genre *Nyssa spp*, le dépulpage des graines influence significativement ($p < 0,0001$) le pouvoir germinatif en comparaison à celle des graines témoins (Balestri *et al.*, 2016). Pour *Lannea microcarpa*, le décortilage de l'endocarpe favorise une germination rapide et homogène en comparaison au témoin (Lompo *et al.*, 2019). Aussi le décortilage de l'endocarpe de *Agarnia spinosa* améliorent le taux de germination des graines. Par ailleurs l'action des traitements pré-germinatif permettent de fragiliser les téguments des graines et de faciliter d'une part l'accès à l'eau et l'air dans l'embryon et de la sortie de la radicule d'autre part (M'bayé *et al.*, 2002 ; Agboola *et al.*, 2006).

Le taux de germination des graines traitées à l'eau chaude, est nul et est significativement inférieur à celui des témoins et à celui des graines nues ($p < 0,0001$), probablement en raison de la température élevée à laquelle les graines ont été soumises. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par Baatuuwie *et al.* (2019) au Ghana sur la même espèce. En effet, les graines du *D. microcarpum* étant une oléagineuses, l'eau chaude peut causer une cuisson de l'amande et la rendre non viable (Ado *et al.*, 2017). Par ailleurs, les conclusions de Singh *et al.* (2019) ont indiqué que l'eau chaude peut avoir

tendance à nuire aux activités enzymatiques à des températures plus élevées lorsqu'elle est utilisée comme prétraitement. Les mêmes résultats ont été obtenus avec les graines d'espèce oléagineuse, *Neocarya macrophylla* (Guimbo *et al.*, 2011) qui, trempées à l'eau chaude pendant 72h et 120h, donnent un pouvoir germinatif nul. Un faible potentiel de régénération des graines de *D. microcarpum* est également observé en milieu périodiquement brûlé après maturation des fruits (Bastide et Ouedraogo, 2008) et des Fabaceae en général (N'golo *et al.*, 2018). Par contre, les taux de germination des graines de *Diospyros mespiliformis* sont améliorés après ébullition des graines de l'ordre de 30 % (Ado *et al.*, 2017).

De ces différents rapports, il ressort que les prétraitements influencent le pouvoir germinatif des espèces végétales et qu'il existe une diversité de méthodes/techniques de prétraitements liée à la différence des facteurs inhibiteurs de germination entre les espèces. Cette différence dans les facteurs inhibiteurs de germination entre les plantes est reflétée par la variation de la réponse des espèces végétales aux prétraitements (Baatuuwie *et al.*, 2019), tel que celui à l'eau chaude.

4.2. Effet de la provenance géographique sur la germination des graines de *Detarium microcarpum*

La provenance ne présente aucun effet significatif sur la probabilité/capacité à germer des graines de *D. microcarpum*, cependant, elle a un effet significatif sur le pouvoir germinatif. Néanmoins, les graines de la zone soudanienne (provenance du Triangle Parc W et provenance de Sinwan-Boumouso) sont les premières à germer quel que soit le traitement appliqué. Ceci pourrait être dû au fait que ces deux provenances sont du même district phytogéographique (Borgou-Nord) et donc ont des conditions climatiques semblables. Par ailleurs, le taux de germination est significativement plus élevé pour les graines provenant de ces deux sites du district phytogéographique Borgou-Nord dans la région soudanienne que celui des graines provenant du district phytogéographique Borgou-Sud dans la région soudano-guinéenne. La variation du délai de germination et du taux de germination serait influencée par la nature du climat que possède chaque zone. La distribution naturelle de l'espèce varie en fonction du type de climat et des facteurs édaphiques. *D. microcarpum* serait plus répartie dans la zone soudanienne que dans la zone soudano-guinéenne (Agbo *et al.*, 2018), ce qui pourrait avoir d'impact sur la germination du fait que les graines ont été récoltées à la même période.

Le résultat d'absence d'un effet significatif de la provenance sur la probabilité/capacité de germer des graines de *D. microcarpum* obtenu dans la présente étude est similaire à celui de Sata *et al.* (2020) qui ont rapporté que la provenance n'a pas d'effet significatif ni sur la capacité de germination ni

sur le temps moyen de germination de *Saba senegalensis*. Toutefois, comme dans la présente étude, l'influence significative de la provenance sur les paramètres de germination, notamment le taux de germination, a été aussi observée et documentée sur plusieurs espèces : *Terminalia superba*, *Mansonia altissima* et *Pterygota macrocarpa* (Akaffou *et al.*, 2019), *Saba senegalensis* (Sata *et al.* 2020), *Pinus densata* (Zuur *et al.*, 2010), *Adansonia digitata* (Assogbadjo *et al.*, 2012) et *Combretum aculeatum* (Bognounou *et al.*, 2010) *Gmelina arborea* (Yaema Fornah *et al.*, 2017), *P. pinaster* (Leonor *et al.*, 2016), *Magnolia officinalis* (Shu *et al.*, 2012), *Rumex crispus* (Pérez-Fernández *et al.*, 2019), *Rho-dodendron ponticum* (Pulatkan *et al.*, 2019). En général, les différences des paramètres de germination des graines d'une espèce selon la provenance est attribuable soit (a) aux caractères génétiques de la population / plante source (Bewley et Black, 1994; Witcombe et Whittington, 1972), soit (b) à l'impact de l'environnement de la plante mère (Andersson et Milberg, 1998; Bhatt *et al.*, 2000; Fenner, 1991; Uniyal *et al.*, 2003). Ces deux facteurs impriment des caractères différents aux graines, à travers les plantes mères. En effet, les graines et les amandes de plantes mères dans des conditions environnementales et agro-climatiques différentes présentent des caractéristiques différentes (Opoku *et al.*, 2015) et des capacités intrinsèquement différentes à germer et à s'établir (Pérez-Fernández *et al.*, 2019).

Au Bénin, les arbres de *D. microcarpum* des phytodistricts du Nord-Borgou et de Bassila appartiennent à la sous-population (I) et ont les meilleures caractéristiques fruitières (Agbo *et al.*, 2018). En effet, les fruits les plus longs (5,6 cm) et les plus grands (3,80 cm) ont été trouvés dans le Nord-Borgou (Agbo *et al.*, 2018) suggérant ainsi que les graines provenant du phytodistrict du Borgou-Nord présenteront les meilleurs paramètres de germination (temps de germination, taux de germination) en comparaison des graines provenant des autres phytodistricts du Bénin. La présente étude suggère que les graines provenant du phytodistrict du Borgou-Nord, de la sous-population (I) définie par Agbo *et al.* (2018) et donc de la région soudanaise, pouvaient être utilisées pour les programmes de conduite des pépinières, de reboisement et de la sélection variétale au Bénin.

Conclusion

Le traitement et la provenance des graines de *D. microcarpum* influencent significativement la germination de ces graines. Ainsi les graines sans endocarpe ou amandes nues (TS) présentent les meilleurs taux de germination dans la présente étude. Les meilleurs taux de germination des graines sont observés avec les graines à amandes nues. Aussi, les graines de la région soudanaise (Sinwan-Boumoussou et le Triangle du parc W) répondent mieux à la probabilité de germination que celles de la région

soudano-guinéenne. Pour assurer un bon rendement de *D. microcarpum* en pépinière, l'utilisation des amandes nues des graines récoltée dans la zone soudanienne peut être une meilleure option dans le cadre de la conservation et de la domestication de *D. microcarpum* au Bénin. Mais il conviendra d'évaluer l'effet de la durée et des conditions de conservation des graines de *D. microcarpum* sur la germination et les zones favorables pour les actions de conservation et de domestication durable (actuelles et futures).

Remerciements

Les auteurs remercient Mr. Orou GAOUE, Mr. Isidore AMAHOUWE pour leurs soutiens et collaboration dans la rédaction du manuscrit.

Nous remercions le Laboratoire d'Ecologie, Botanique et Biologie végétal qui a mis à notre disposition les matériels nécessaires pour la conduite de ce travail.

Conflits d'intérêts

Les auteurs déclarent qu'il n'y a pas de conflits d'intérêts.

References:

1. Ado, A., Bil-Assanou, I. H., Iro, D. G., Abdoul Karim, T. D. A., Ali, M., & Mahamane, S. (2017). Effet de prétraitements, de substrats et de stress hydriques sur la germination et la croissance initiale de *Diospyros mespiliformis* Hochst. Ex A. DC. *European Scientific Journal*, edition, 13(21), 251–268.
2. Agbo, R.I., Idohou, R., Vihotogbe, R., Missihoun, A.A., Dagba, R.A., Assogbadjo, A.E., Agbangla, C., 2018. Spatio-temporal dynamics of suitable habitats for *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. (Caesalpiniaceae), a priority food tree species in Benin (West Africa). *Modeling Earth Systems and Environment* 0, 0. <https://doi.org/10.1007/s40808-018-0550-x>
3. Agbo, I.R., Missihoun, A.A., Vihotogbe, R., Assogbadjo, E.A., Ahanhanzo, C., Agbangla, C., 2017. Impacts des usages traditionnels sur la vulnérabilité de *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. (Caesalpiniaceae) dans le district phytogéographique Zou au Bénin (en Afrique de l'Ouest). *International journal of biological and chemical sciences* 11, 730–742. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v11i2.16>
4. Agboola, D. A., Idowu, W. F., & Kadiri, M. (2006). Seed germination and seedling growth of the Mexican sunflower *Tithonia diversifolia* (Compositae) in Nigeria, Africa. *Revista de biología tropical*, 54(2), 395-402.
5. AgroBio (2013). Faire les tests de germination. Fiche Technique. www.google.com. 4p.

6. Aho, Kossou., 1997. Précis de l'Agriculture Tropicale. *Edition du Flamboyant* : Paris.364 p.
7. Ahoton, L.E., Adjakpa, J.B., M'po, I.M., Akpo, E.L. (2009). Effet des prétraitements des semences sur la germination de *Prosopis africana* (Guill., Perrot. et Rich.) Taub., (Césalpiniacées). *Tropicultura* 27, 233–238
8. Akaffou, S.D., Kouame, A.K., Gore, N.B.B. (2019). 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*, 32(1), 161-169.
9. Andersson, L., Milberg, P. (1998). Variation in seed dormancy among mother plants, populations and years of seed collection. *Seed Science Research* 8, 29–38.
10. Arbonnier, M. (2002). Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest, CIRAD. MNHN, 2eme édition, 541 p.
11. Ariyo, J.I., Abodium, A.A., Oyejola, B.A. (2012). Application Analysis on Malaria among Children: A Case Study of University of Ilorin teaching hospital. *Scientia Africana* 11, 22–29.
12. Assogbadjo, A.E., Codjia, J.T.C., Sinsin, B. (2004). Connaissances ethnobotaniques et valorisation du baobab (*Adansonia digitata*) pour la sécurité alimentaire des populations rurales au Benin. *Plant Genetic Resources and Food Security in West and Central Africa* 26–30.
13. Assogbadjo, A.E., Glele-Kakaï, R., Edon, S., Kyndt, T., Sinsin, B. (2012). Natural variation in fruit characteristics, seed germination and seedling growth of *Adansonia digitata* L. in Benin. *New Forests* 41, 113–125.
14. Azad, S., Manik, M.R., Hasan, S., Martin, A. (2011). Effet de différents traitements pré-semis sur le pourcentage de germination des graines et les performances de croissance d'*Acacia auriculiformis*. *Journal of Forestry Research* 22, 183.
15. Baatuuwie, B.N., Nasare, L.I., Smaila, A., Issifu, H., Asante, W.J. (2019). Effect of seed pre-treatment and its duration on germination of *Detarium microcarpum* (Guill. and Perr.). *African Journal of Environmental Science and Technology* 13, 317–323.
16. Balestri, F., Graves, W.R. (2016). Pretreatment Effects on Seed Germination of Two *Nyssa* Species. *HortScience* 51, 738–741. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.51.6.738>
17. Barbedo, C.J. (2018). A new approach towards the so-called recalcitrant seeds. *J. Seed Sci.* 40, 221–236.
18. Bastide, B., Ouedraogo, S.J. (2008). Rejets de *Detarium microcarpum* et feux précoces. *Bois et forêt des tropiques* 296, 27–37.

19. Bationo, B.A., Ouedraogo, S.J. (2002). Rongeurs fouisseurs et régénération naturelle dans une forêt classée du Burkina Faso. *Bois et forêt des tropiques* 271, 104–106.
20. Bationo, B.A., Ouedraogo, S.J., Guinko, S. (2001). Stratégies de régénération naturelle de *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. dans la forêt classée de Nazinon (Burkina Faso). *Fruit* 56, 271–285.
21. Bationo, B.A., Some, N.A., Ouedraogo, S.J., Kalinganire, A. (2010). Croissance comparée des plantules de cinq espèces ligneuses soudaniennes élevées en rhizotron. *Secheresse* 21, 196–202.
22. Bewley, J.D., Black, M. (1994). Seeds: physiology of development and germination. *Plenum Press*, New York, 211.
23. Bhatt, I.D., Rawat, R.S., Dhar, U. (2000). Improvement in seed germination of *Myrica esculenta* Buch. Ham ex. D. Don-a high value tree species of Kumaun Himalaya, India. *Seed Science and Technology* 28, 597–605.
24. Bognounou, F., Thiombiano, A., Oden, P.C., Guinko, S. (2010). Seed provenance and latitudinal gradient effects on seed germination capacity and seedling establishment of five indigenous species in Burkina Faso. *Trop. Ecol.* 51, 207–220.
25. Burnham, K.P., Anderson, D.R. (2004). Multimodel inference: understanding AIC and BIC in model selection. *Sociological methods & research* 33, 261–304.
26. Cox, D.R. (1972). Regression Models and Life Tables. *Journal of the Royal Statistical Society B* 34, 187–220.
27. Daws, M.I., Gaméné, C.S., Sacandé, M., Pritchard, H.W., Groot, S.P.C., Hoekstra, F. (2005). Desiccation and storage of *Lannea microcarpa* seeds from Burkina Faso. In Sacandé M., Jøker D., Dulloo M.E., Thomsen K.A. Comparative storage biology of tropical tree seeds 32–39.
28. Dossa, B. A., Sourou, B., & Ouinsavi, C. 2020. Germination des Graines et Croissance en Pépinière et en Champ des Plantules de *Detarium senegalense* au Bénin. *European Scientific Journal*, 16, 12. DOI : 10.19044/esj.2020.v16n12p38.
29. Dourma, M., Guelly, K.A., Kokou, K., Batawila, K., Wala, K., Bellefontaine, R., Akpagana, K. (2006). Multiplication par drageonnage d'*Isobertinia doka* et *I. tomentosa* au sein des formations arborées du Nord-Togo. *Bois et Forêt des Tropiques* 288, 49–57.
30. Fenner, M. (1991). The effects of the parent environment on seed germinability. *Seed Science Research* 1, 75–84.
31. Guimbo, I.D., Ambouta, K.J.M., Mahamane, A., Larwanou, M. (2011). Germination et croissance initiale de *Neocarya macrophylla*

- (Sabine) Prance, une espèce oléagineuse du Niger. *Tropicultura* 29, 88–93.
32. Hama, H. H., Moussa, I., Ikhiri, K., Ouedraogo, B., Adamou, R. (2019). Activité Antioxydante des Extraits méthanoliques de différents organes de *Detarium microcarpum*. Guill. and Perr. *European Scientific Journal*, 15(12), 1857-7881. Doi: 10.19044/esj.2019.v15n12p159
33. Hamawa, Y., Baye-Niwah, C., Kepwa Fils Bill, F.S., Mapongmetsem Pierre, M. (2020). Effet de Prétraitements sur la Germination des Semences d'*Acacia senegal* (L.) Willd. (Mimosaceae) dans la Zone Sahélienne du Cameroun. *European Scientific Journal* 16.
34. Hamidou A., Dan Guimbo I, Morou B, Mahamane A. (2014). Potential germination and initial growth of *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst, in Niger. *Journal of Applied Biosciences* 76, 6433– 6443.
35. Hao, J.-H., Lv, S.S., Bhattacharya, S., Fu, J.G. (2017). Germination Response of Four Alien Congeneric *Amaranthus* Species to Environmental Factors. PLoS ONE 12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170297>.
36. Kipyegon, K. E., Musyoki, S. K., Kariuki, S. M. (2017). Detection of *Histoplasma Capsulatum* in domestic chicken droppings in Olenguruone, Nakuru County. *Eu Sci J*, 13, 15. doi: 10.19044/esj.2017.v13n15p119.
37. Kosso Boka N.R., Cherif M., Jean-Martial Kassi K.F., Didier Kouame K., Tuo S., Kouame K.F., Georges Elisee Amari L.D., Camara B., Gilchrist Kouadio E.Y., Emmanuel Dick A.,(2022). Effects of Two Cover Crops [*Arachis Repens* (L.) *Handro* And *Desmodium Adscendens* (SW.) DC.] on The Density of *Arbuscular Mycorrhizal Fungi* in Soils Under Industrial Banana Plantations in Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, *ESJ*, 18(11), 222. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n11p222>.
38. Kouyaté, A.M., Lamien, N. (2011). Conservation et utilisation durable des ressources génétiques des espèces ligneuses alimentaire prioritaire de l'Afrique Subsaharienne: *Detarium microcarpum*. *Bioversity International* (Rome, Italie). 4–8.
39. Kouyaté, A.M., Van Damme, P. (2006). *Detarium microcarpum*. Guill.&Perr. PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands.<<http://www.prota4u.org/search.asp>>.
40. Kouyaté, A.M., Van Damme, P. (2002). Caractères morphologiques de *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. au sud du Mali. *Fruits* 57, 231–238.

41. Ky-Dembele, C., Tigabu, M., Bayala, J., Savadogo, P., Boussim, I. J., & Odén, P. C., 2010. Clonal propagation of *Detarium microcarpum* from root cuttings. *Silva Fennica*, 44(5), 775-786.
42. Lee, E.T., Wang, J.W. (2003). Statistical methods for survival data analysis. *Wiley series in probability and statistics*, 13–16.
43. Leonor, C., Verónica, H., Luz, V., Angela, T. (2016). Provenance and seed mass de-termines seed tolerance to high temperatures associated to forest fires in *Pinus pinaster*. *Annals of Forest Science, Springer Nature* 73, 381–391.
44. Lompo, O., Dimobe, K., Lankoandé, B., & Ouédraogo, A., 2019. Germinative performances of *Lannea microcarpa* Engl. & K. Krause seeds from Sahelo-Sudanian zone of Burkina Faso. *Tropicicultura*, 37(3).
45. Mbaye, N., Diop, A. T., Guèye, M., Diallo, A. T., Sall, C. E., & Samb, P. I., 2002. Etude du comportement germinatif et essais de levée de l'inhibition tégumentaire des graines de *Zornia glochidiata* Reichb. ex DC., légumineuse fourragère. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 55(1), 47-52.
46. N'golo, B., Noufou, D.O., Djèzou, K., Adama, B., Ferzan, H.T.B. (2018). Effets de cinq prétraitements sur la germination du Vène (*Pterocarpus erinaceus* Poir., Fabaceae) dans la Réserve du Haut Bandama (Côte d'ivoire). *European Scientific Journal* 14, 438–453.
47. Ouedraogo, A. (1997). L'effet de la coupe de *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. sur la régénération de la végétation dans la forêt classée de Nazinon (Thèse de doctorat). Ouagadougou, Burkina Faso.
48. Opoku, H. G. N., Appiah-Opong, R., Kugbe, J., Barnor, M. T., Quarm, P. (2015). Phenotypic traits and chemical properties of *Jatropha curcas* seeds from northern Ghana. *European Scientific Journal*. vol.11, No.9, 327-340.
49. Ouro-Djeri, E., Djagba, T., Sewa, A.A., Ouro-Landjo, S., Albada, A. (2001). Situation des Ressources Génétiques Forestières du Togo.
50. Pérez-Fernández, M., Elliott, C.P., Valentine, A., Oyola, J.A. (2019). Seed provenance determines germination responses of *Rumex crispus* (L.) under water stress and nutrient availability. *Journal of Plant Ecology* 12, 949--961.
51. Pourhoseingholi, M.A., Pourhoseingholi, A., Vahedi, M., Moghimi-Dehkordi, B., Safaee, A., Zali, M.R. (2011). Alternative for the Cox Regression model: using Parametric Models to Analyze the Survival of Cancer Patients. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention* 4, 1–9.

52. Pulatkan, M., Kamber, A.S. (2019). Provenance variation in germination and seedling growth of *Rhododendron ponticum* L. *Šumarski list* 1, 53–57.
53. R Core Team. (2017). R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing. ed. Vienna, Austria.
54. Raji, R., Siril, E.A. (2018). Assessment of different pretreatments to breakage dormancy and improve the seed germination in *Elaeocarpus serratus* L. - an underutilized multipurpose fruit tree from South India. *Forest Science and Technology* 14, 160–168. <https://doi.org/DOI:10.1080/21580103.2018.1507951>
55. Razanameharizaka, J., Grouzis, M., Ravelomanama, D., Danthu, P. (2006). Seed storage behaviour and seed germination in African and Malagasy boababs (*Adansonia* species). *Seed Science Research* 16, 83–88. <https://doi.org/10.1079/SSR2005231>
56. Ricez, T. (2008). Etude des modes de régénération à faible coût de *Prosopis africana* et *Detarium microcarpum* en forêt classée de Dinderesso (Mémoire de stage). Université Paris XII Val-de-Marne Faculté des sciences et technologies 61, avenue du Général de Gaulle 94010 CRETEIL.
57. Sata, D., Didier, Z., Sidzabda, D.D., Patrice, S., Amadé, O. (2020). Viability and germination capacities of *Saba senegalensis* (A. DC.) Pichon seeds, a multi-purpose agroforestry species in West Africa. *Tropicultura* [En ligne] 38.
58. Shu, X., Yang, S., Yang, Z. (2012). Variation in Seed and Seedling Traits among Fifteen Chinese Provenances of *Magnolia officinalis*. *Not Bot Horti Agrobi* 40, 274–283.
59. Simão, E., Takaki, M. (2008). Effect of light and temperature on seed germination in *Tibouchina mutabilis* (Vell.) Cogn. (Melastomataceae). *Biota Neotropica* 8, 64–68.
60. Singh S, Bharat NK, Singh H, Kumar S, Jakhar S, Vijay (2019). Effect of hot water treatment of seeds on seed quality parameters and seedling growth parameters in bell pepper (*Capsicum annum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 89 (1):133-137.
61. Therneau, T.M., Grambsch, P.M. (2000). Modeling Survival Data: Extending the Cox Model. Springer 39–77.
62. Tweddle, J.C., Dickie, J.B., Baskin, C.C., Baskin, J.M. (2003). Ecological aspects of seed desiccation sensitivity. *J. Ecol.* 91, 294–304.
63. Uniyal, A.K., Bhatt, B.P., Todaria, N.P. (2003). Effect of provenance variation on seed and seedling characteristics of *Grewia oppositifolia* Roxb: a promising agroforestry tree-crop of Central Himalaya (No.

- 136). *Bulletin des ressources phytogénétiques Biodiversité/FAO*, India.
64. Venables, W.N., Ripley, B.D. (2002). *Modern Applied Statistics with S*. Fourth Edition. Springer, New York.
65. Witcornbe, J.R., Whittington, W.J. (1972). The effects of selection for reduction of dormancy in Charlock (*Sinapis aruensis* L.). *Heredity* 29, 37–49.
66. Yaema, F., Stephen, B.M., Adegboyega, A.O., Ernest, G.K. (2017). Effects of Provenance and Seed Size on Germination, Seedling Growth and Physiological Traits of *Gmelina arborea*, Roxb. *International Journal of Agriculture and Forestry* 7, 28–34. <https://doi.org/doi:10.5923/j.ijaf.20170701.05>
67. Zeileis, A., Cribari-Neto, F., Grün, Kos-midis, I. (2010). Beta regression in R. *Journal of statistical software* 34, 1–24.
68. Zuur, A.F., Ieno, E.N., Elphick, C.S. (2010). A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology & Evolution* 1, 3–14.