

Impact de la provenance, de la morphologie et du stockage des graines de *Lophira lanceolata* sur leur germination au Bénin



Alain LOTCHIO¹
Aliou DICKO¹
Armand Kuyéma NATTA^{1,2}

¹ Université de Parakou
Laboratoire d'écologie, de botanique
et de biologie végétale (LEB)
03 BP 125, Parakou
Bénin

² Université de Parakou
Faculté d'agronomie
BP 123, Parakou
Bénin

Auteur correspondant /
Corresponding author:
Alain LOTCHIO - alotchio@gmail.com

Photo 1.

Pépinière de *Lophira lanceolata* sous ombrage léger dans le phytodistrict du Borgou-Sud au Bénin.
Lophira lanceolata nursery under light shade in the South Borgou phytodistrict in Benin
Photo A. Lotchio.

Doi : 10.19182/bft2022.353.a36994 – Droit d'auteur © 2022, Bois et Forêts des Tropiques – © Cirad – Date de soumission : 18 juin 2021 ;
date d'acceptation : 26 janvier 2022 ; date de publication : 1^{er} septembre 2022.



Licence Creative Commons :
Attribution - 4.0 International.
Attribution-4.0 International (CC BY 4.0)

Citer l'article / To cite the article

Lotchio A., Dicko A., Natta A. K., 2022. Impact de la provenance, de la morphologie et du stockage des graines de *Lophira lanceolata* sur leur germination au Bénin. Bois et Forêts des Tropiques, 353 : 3-16. Doi : <https://doi.org/10.19182/bft2022.353.a36994>

RÉSUMÉ

Impact de la provenance, de la morphologie et du stockage des graines de *Lophira lanceolata* sur leur germination au Bénin

Les graines de *Lophira lanceolata* sont utilisées au Bénin pour la production d'huile végétale, la fabrication du savon et aussi pour l'alimentation. Cette étude vise à élucider l'influence de la provenance, du stockage et des traits morphologiques (longueur, diamètre, masse) des graines de *L. lanceolata* sur leur germination, afin de pouvoir mieux maîtriser la reproduction par graine de cette espèce. Les fruits matures de *L. lanceolata* ont été collectés dans les phytodistricts du Borgou-Nord (zone soudanienne) et du Borgou-Sud (zone soudano-guinéenne), au Bénin. Les traits morphologiques (la longueur et le diamètre) ont été mesurés sur les fruits (avant le décortilage) et aussi sur les graines (après le décortilage). Les fruits et les graines (décortiquées) ont été pesés avant d'être ensemencés. Un modèle linéaire généralisé (GLM) avec la famille quasi-poisson a été développé afin d'évaluer l'influence des traits morphologiques sur la durée de germination des graines. Ensuite, le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été appliqué pour estimer l'effet de la durée de conservation des graines (7, 14 et 21 jours) sur le nombre de jours nécessaire à leur germination. Enfin, l'effet de la provenance des graines sur leur temps de germination a été déterminé grâce à un GLM avec la famille négative binomiale et le test de Kruskal-Wallis. Les résultats ont montré que les graines dont la taille est la plus grande mettent plus de jours à germer. Le temps de conservation des graines influe également sur leur durée de germination : plus les graines sont conservées longtemps avant le semis, plus elles mettent de temps à germer. Cependant, aucune différence significative n'a été observée entre les taux de germination en fonction des différentes durées de conservation des graines. La durée de germination moyenne des graines n'est également pas significativement influencée par la provenance des graines, 10,8 jours pour le phytodistrict du Borgou-Nord et 10,3 jours pour le phytodistrict du Borgou-Sud. Par contre, le taux moyen de germination est significativement affecté par la provenance des graines, 70 % pour les graines du Borgou-Sud comparé à 32 % pour celles du Borgou-Nord. Les résultats issus de ce travail peuvent fournir des indications en vue d'une meilleure sélection des graines pour réaliser des pépinières dans les programmes de reboisement dans les savanes soudano-guinéenne et soudanienne du Bénin.

Mots-clés : *Lophira lanceolata*, traits morphologiques, phytodistrict, graine, germination, Bénin.

ABSTRACT

Impact of provenance, morphology and storage times on the germination of *Lophira lanceolata* seeds in Benin

Lophira lanceolata seeds are used in Benin for vegetable oil production, soap making and also for food. This study aims to elucidate the influence of provenance, storage and morphological traits (length, diameter, mass) of *L. lanceolata* seeds on their germination, in order to better control the propagation of this species using seedlings. Mature fruits of *L. lanceolata* were collected in the phytodistricts of Borgou-North (Sudanian zone) and Borgou-South (Sudano-Guinean zone), in Benin. Morphological traits (length and diameter) were measured for the fruits (before hulling) and also for the seeds (after hulling). Fruits and seeds (dehulled) were weighed before sowing. A Generalized Linear Model (GLM) with the quasi-poisson family was developed to assess the influence of morphological traits on seed germination time. The non-parametric Kruskal-Wallis test was then applied to estimate the effect of seed storage time (7, 14 and 21 days) on the number of days required for germination. Finally, the effect of seed origin on germination time was determined using a GLM with the negative binomial family and the Kruskal-Wallis test. The results showed that the largest seeds took more days to germinate. Storage time was also found to influence seed germination time: the longer the seeds were stored before sowing, the longer they took to germinate. However, no significant difference was observed between germination rates according to different seed storage times. The average germination time was also not significantly influenced by the origin of the seeds, at 10.8 days for the North Borgou phytodistrict and 10.3 days for the South Borgou phytodistrict. On the other hand, the average germination rate was significantly affected by the origin of the seeds, at 70% for the seeds from Borgou-South as opposed to 32% for those from Borgou-North. The results of this study can provide indications to improve seed selection for nurseries in reforestation programmes in the Sudano-Guinean and Sudanian savannas of Benin.

Keywords: *Lophira lanceolata*, morphological traits, phytodistrict, seed, germination, Benin.

A. LOTCHIO, A. DICKO, A. K. NATTA

RESUMEN

Impacto de la procedencia, la morfología y el almacenamiento de las semillas de *Lophira lanceolata* en su germinación en Benin

Las semillas de *Lophira lanceolata* se utilizan en Benin para la producción de aceite vegetal, la fabricación de jabón y también para la alimentación. Este estudio pretende dilucidar la influencia de la procedencia, el almacenamiento y los rasgos morfológicos (longitud, diámetro, masa) de las semillas de *L. lanceolata* en su germinación, con el fin de controlar mejor la reproducción por semilla de esta especie. Se recogieron frutos maduros de *L. lanceolata* en los fitodistritos de Borgou Norte (zona sudanesa) y Borgou Sur (zona sudanoguineana), en Benin. Los rasgos morfológicos (longitud y diámetro) se midieron en los frutos (antes de quitarles la cáscara) y también en las semillas (después de quitarles la cáscara). Los frutos y las semillas (descascarilladas) se pesaron antes de ser sembrados. Se desarrolló un modelo lineal generalizado (GLM) con la familia de cuasi-Poisson para evaluar la influencia de los rasgos morfológicos en el tiempo de germinación de las semillas. A continuación, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para estimar el efecto del tiempo de conservación de las semillas (7, 14 y 21 días) sobre el número de días necesarios para la germinación. Por último, se determinó el efecto del origen de las semillas sobre el tiempo de germinación mediante un GLM con la familia binomial negativa. La prueba de Kruskal-Wallis. Los resultados mostraron que las semillas con el mayor tamaño tardaron más días en germinar. El tiempo de conservación de las semillas también influye en su tiempo de germinación, cuanto más tiempo se almacenen las semillas antes de la siembra, más tardarán en germinar. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre las tasas de germinación para los distintos tiempos de almacenamiento de las semillas. El tiempo medio de germinación de las semillas tampoco está significativamente influenciado por el origen de estas, 10,8 días para el fitodistrito Borgou Norte y 10,3 días para el fitodistrito Borgou Sur. Por otra parte, el porcentaje medio de germinación se ve significativamente afectado por el origen de las semillas, un 70 % para las semillas de Borgou Sur frente a un 32 % para las de Borgou Norte. Los resultados de este trabajo pueden proporcionar indicaciones para una mejor selección de semillas para los viveros en los programas de reforestación en las sabanas sudanoguineanas y sudanesas de Benin.

Palabras clave: *Lophira lanceolata*, rasgos morfológicos, fitodistrito, semilla, germinación, Benin.

Introduction

La graine occupe une position cruciale dans le cycle de vie de la plante supérieure (Nambara et Nonogaki, 2012). Le succès avec lequel le nouvel individu est formé, le temps, le lieu et la vigueur du jeune plant sont déterminés par les caractéristiques physiologiques et biochimiques de la graine (hydratation des protéines, changements structuraux sous-cellulaires, respiration, synthèses macromoléculaires et élongation cellulaire...) (Bewley et Black, 1994). Cette reproduction par graine est d'une importance capitale car elle favorise la diversité génétique au sein d'une même espèce végétale (Bellefontaine, 2005). Cependant, la reproduction sexuée doit nécessairement passer par le processus de germination des graines. La germination est le premier stade du cycle de vie des plantes pour produire une nouvelle génération (Baraloto, 2003). Le processus germinatif peut être résumé en trois phases (Bewley, 1997). La première phase est appelée phase d'imbibition et correspond à l'absorption d'eau par la graine. Suite à cette première étape, la deuxième phase est la plus importante car c'est elle qui va déterminer le développement de la graine. À ce stade, une intense activité métabolique se met en place pour l'expression des gènes et la synthèse d'enzymes qui assurent l'hydrolyse des réserves nutritives destinées au développement de la plantule (Finkelstein *et al.*, 2008). La dernière phase correspond, quant à elle, à l'émergence de la racine qui survient avant l'établissement des plantules. Cette étape implique la diminution de la résistance mécanique des tissus de couverture et l'augmentation de la force interne provenant de l'expansion de l'embryon (Footitt *et al.*, 2006).

Ainsi, pour la reproduction sexuée, la connaissance des conditions favorables à la germination de même que les traits morphologiques de la graine qui influencent positivement sa germination sont importants (Yélékou *et al.*, 2007). En effet, la capacité germinative des graines dépend de plusieurs facteurs intrinsèques (la dormance de la graine, la perméabilité de la graine à l'eau et à l'oxygène, la qualité des graines) et environnementaux (eau, oxygène, température, lumière, humidité) (Raveneau, 2012). Des travaux de recherche menés sur des graines de plusieurs espèces ont identifié, au titre des causes intrinsèques, des facteurs biochimiques et génétiques impliqués dans la capacité germinative de la graine (N'Dri *et al.*, 2011). En effet, de nombreuses réactions biochimiques, comme la respiration cellulaire, la synthèse des protéines et l'élimination ou la désactivation de l'acide abscissique, se produisent au sein de la graine imbibée d'eau, et leur succès permet la germination de cette dernière (Nonogaki *et al.*, 2010). En dehors des réactions biochimiques, les propriétés intrinsèques des graines jouent également un rôle essentiel dans leur germination. Il existe des graines récalcitrantes, ne tolérant qu'un certain degré de dessiccation pour germer. Lorsque ce taux passe en dessous de 20 % en teneur d'eau pour *Uapaca bojeri*, la graine ne germe plus (Randrianavosoa *et al.*, 2011). Les traits morphologiques de la graine déterminent aussi sa capacité germinative de même que la vitesse de germi-

nation. La longueur, la largeur et la masse des graines sont des grandeurs morphologiques mesurables au niveau des graines et qui influencent sa germination (Touré *et al.*, 2018).

Cependant, pour de nombreuses essences forestières d'Afrique tropicale, la production en pépinière n'est pas encore maîtrisée (Baraloto, 2003), et pourrait ainsi être mieux contrôlée et optimisée grâce à une meilleure connaissance de l'influence de ces paramètres sur la qualité de germination de leurs graines.

Lophira lanceolata est une plante des savanes soudano-guinéennes et soudaniennes, à usages multiples. Également appelée bois de fer ou faux karité, c'est une espèce de la famille des Ochnaceae qui pousse dans les hautes savanes guinéennes (Mapongmetsem, 2007). Au Bénin, *L. lanceolata* peut atteindre 19 m de haut et un diamètre de 58,2 cm (Dicko *et al.*, 2019). Les fleurs sont bisexuées, régulières, parfumées, de couleur blanche. Les feuilles sont simples, entières et alternes mais groupées à l'extrémité des branches. L'inflorescence est une panicule terminale, pyramidale, laxiste, de 15 à 20 cm de long (Mapongmetsem, 2007). Les fruits (akènes) possèdent une forme conique avec des graines de forme ovoïde, de couleur marron et glabre. La taille des fruits varie selon l'arbre (Dicko *et al.*, 2019).

Lophira lanceolata est très utile pour divers services qu'elle rend à la population sur les plans alimentaire, économique, médicinal et écologique (Dicko *et al.*, 2017). Pour les usages thérapeutiques, le principal mode d'emploi des organes de *L. lanceolata* est l'infusion, suivie de la décoction et de la mouture. Ainsi, par exemple, la décoction des feuilles de *L. lanceolata* est utilisée dans le traitement de l'hypertension artérielle, du paludisme et de la fièvre jaune ; les écorces sont utilisées dans le traitement des maux de dos, alors que les racines et graines le sont en décoction comme antiviral, anti-inflammatoire, contre la fièvre, les infections vénériennes, la jaunisse, la toux mais aussi dans le traitement du paludisme (Dicko *et al.*, 2017 ; Kadiri, 2008 ; Apema *et al.*, 2011). L'huile extraite des graines de la plante sert à l'alimentation, la fabrication des médicaments, la production du savon et pour les soins du corps et des cheveux (Kouyate *et al.*, 2015 ; Nonviho *et al.*, 2014 ; Ouédraogo *et al.*, 2013). Son bois sert à la réalisation des charpentes et à la cuisson des aliments grâce à son bon pouvoir calorifique (Leciak, 2008 ; Roulon-Doko, 1980). Sa reproduction par graine est possible lorsque les graines sont disséminées au sol (Mapongmetsem, 2007). Sur ces graines, plusieurs grandeurs physiques sont mesurables telles que la longueur, le diamètre et la masse. Il existe une corrélation positive et significative entre les caractéristiques morphologiques des fruits et celles des graines de *L. lanceolata* (Dicko *et al.*, 2019). Cependant, la reproduction par graine de l'espèce n'est pas bien maîtrisée et les données sur les traits morphologiques de la graine qui favoriseraient une bonne germination optimale des graines en pépinière ne sont pas encore disponibles. *L. lanceolata* produit des graines récalcitrantes (Louppe, 1994) dont la conservation sur une très longue durée peut affecter négativement la germination.

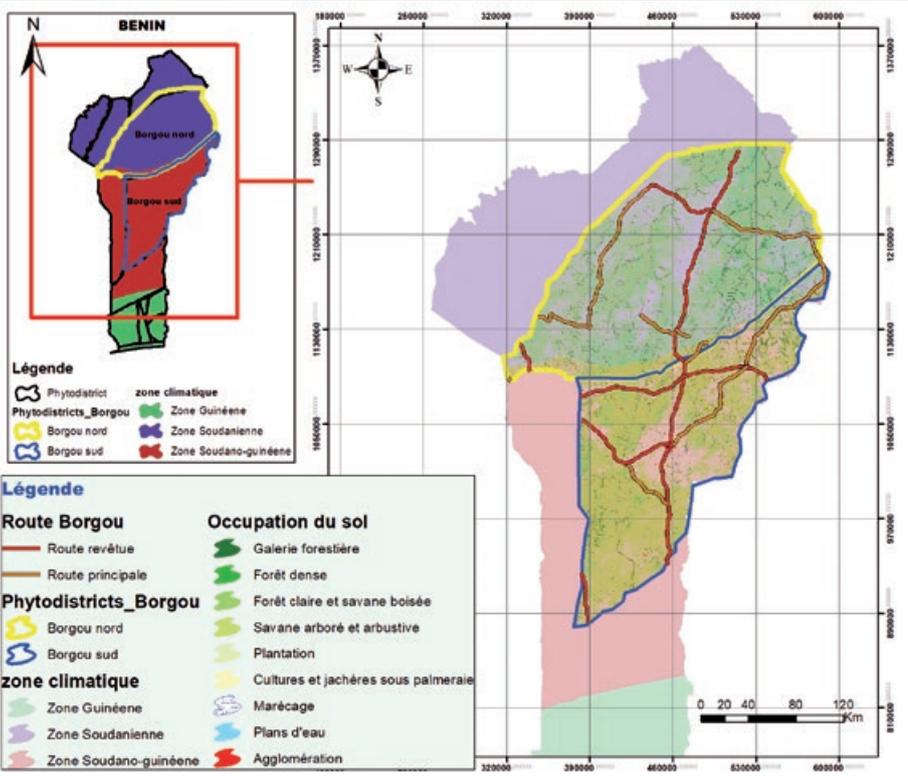


Figure 1.

Localisation et occupation des sols des phytodistricts du Borgou-Sud et du Borgou-Nord, situés respectivement en zones soudano-guinéenne et soudanienne du Bénin, concernés par l'étude.

Location and land use of the phytodistricts of Borgou-South and Borgou-North, located respectively in the Sudano-Guinean and Sudanian zones of Benin, concerned by the study.

La collecte des graines de *L. lanceolata* pour la production d'huile en zone soudanienne du Bénin constitue également un obstacle à la disponibilité permanente en semences pour la régénération naturelle de l'espèce. Bien que cette espèce oléagineuse soit d'une grande utilisation socio-économique et médicinale pour les populations locales, elle fait l'objet jusqu'à ce jour d'une exploitation traditionnelle, à l'état sauvage. La commercialisation de ses fruits et des dérivés se fait de façon informelle et compromet la régénération naturelle. Il conviendrait d'envisager des projets de plantation à grande échelle afin d'assurer une exploitation agro-industrielle et de déboucher sur la création de la filière « *Lophira lanceolata* » tout comme la filière karité qui existe déjà au Bénin.

La présente étude vise à évaluer l'effet des traits morphologiques de la graine de *L. lanceolata*, de sa provenance et sa durée de conservation sur le succès de la germination des graines en zones soudano-guinéenne et soudanienne du Bénin. De manière spécifique, les éléments suivants ont été étudiés : l'influence de la longueur, du diamètre et de la masse des graines sur la durée de leur germination ; l'effet de la durée de conservation des graines sur la durée et le taux de germination des graines de *L. lanceolata* ; l'effet du phytodistrict sur la durée et le taux de germination des graines de *L. lanceolata*.

Matériels et méthodes

Milieu d'étude

L'étude a été effectuée dans les phytodistricts du Borgou-Sud et du Borgou-Nord, situés respectivement en zones soudano-guinéenne et soudanienne du Bénin (figure 1). Les diagrammes climatiques (figure 2) sur une période de trente ans (1982-2011) des zones soudano-guinéenne et soudanienne ont été construits respectivement à partir des données de l'Agence pour la sécurité de la navigation aérienne (ASECNA) des stations de Parakou et de Kandi. Les arbres reproducteurs de *L. lanceolata* ont été identifiés en zones soudanienne et soudano-guinéenne du Bénin, dans les phytodistricts du Borgou-Nord, du Borgou-Sud et de la Chaîne de l'Atacora, avec une prépondérance d'individus reproducteurs dans les deux premiers districts (Dicko, 2017).

Le phytodistrict du Borgou-Sud, situé en zone soudano-guinéenne, occupe 22 % du territoire national (Adomou, 2005). Le climat est de type tropical sec avec une fusion progressive des deux pics pluviométriques. La pluviométrie annuelle est d'environ 1 200 mm avec une température comprise entre 21 °C et 35 °C. On remarque une absence des forêts denses

humides semi-décidues et un enrichissement des forêts claires et savanes en éléments soudaniens. On y rencontre des forêts claires et savanes boisées à *Isobertia doka* et *Isobertia tomentosa*. On enregistre aussi des forêts denses sèches, des galeries forestières et des formations saxicoles.

Le phytodistrict du Borgou-Nord, situé en zone soudanienne, occupe 27 % du territoire national ; c'est le phytodistrict le plus étendu (Adomou, 2005). La pluviométrie annuelle est d'environ 1 000 mm avec une température comprise entre 17 °C et 38 °C. La végétation est largement dominée par les savanes à tapis graminéen (*Andropogoneae*) continu. Des îlots de forêts denses sèches à *Anogeissus leiocarpa* et de forêts claires à *Isobertia* spp. sont présents sous forme plus ou moins étendue. Les formations dominantes sont les savanes boisées à *Monotes kerstingii*. Les savanes arborées et arbustives à *Burkea africana* et à *Combretum* spp. et les savanes herbeuses à *Panicum* spp. et à *Echinochloa* spp. se trouvent dans les dépressions hydromorphes. Les forêts-galeries sont dominées par les espèces telles que *Berlinia grandiflora*, *Cola laurifolia*, *Syzygium guineense* ssp. *guineense*, *Borassus aethiopicum*, *Broenadia salicina* et *Raphia sudanica* (Natta, 2003). Dans la partie nord de ce district, après la ville de Kandi, les conditions climatiques deviennent plus xériques, favorisant l'établissement d'une pseudo-steppe à épineux (*Acacia* spp.) et de rares fourrés à *Combretum* spp. (Adomou, 2005).

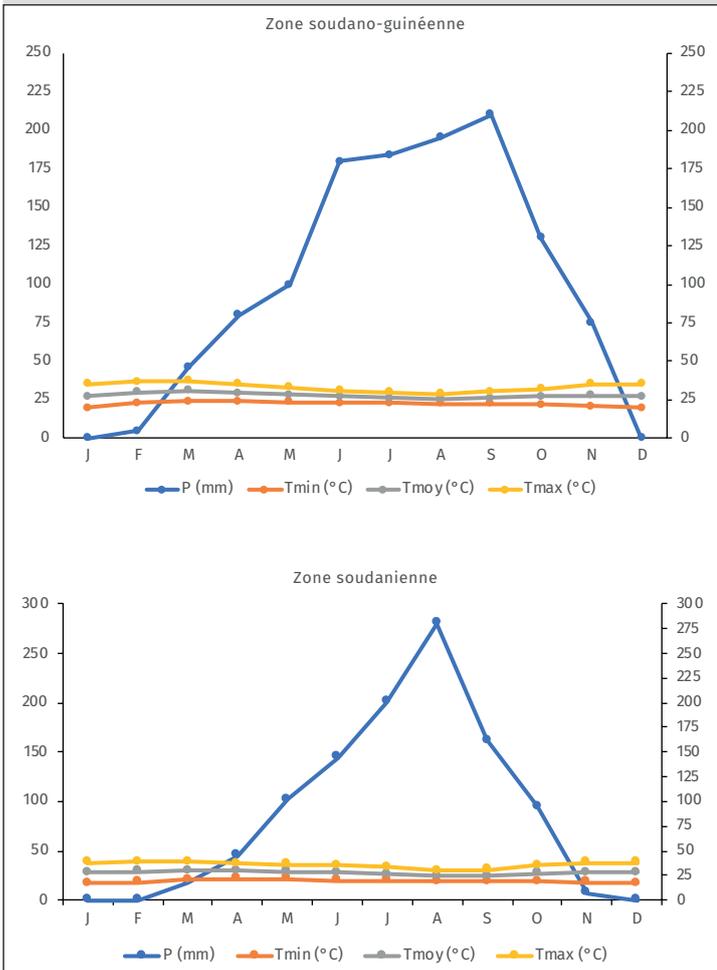


Figure 2.

Diagramme climatique en zone soudanienne (Kandi) et soudano-guinéenne (Parakou), sur la période de 1982 à 2011. Les données sont issues de l'Agence pour la sécurité de la navigation aérienne (ASECNA). P (mm) : pluviométrie en mm ; Tmin (°C) : température minimale en degrés Celsius ; Tmoy (°C) : température moyenne en degrés Celsius ; Tmax : température maximale en degrés Celsius.
 Climate diagram for the Sudanian (Kandi) and Sudano-Guinean (Parakou) zones, from 1982 to 2011. The data is taken from the Agency for the Safety of Air Navigation (ASECNA). P (mm): rainfall in mm; Tmin (°C): minimum temperature in degrees Celsius; Tmoy (°C): average temperature in degrees Celsius; Tmax: maximum temperature in degrees Celsius.

Dispositif expérimental pour les tests de germination

Les fruits matures de *L. lanceolata* ont été récoltés en mai 2019 dans les phytodistricts du Borgou-Nord et du Borgou-Sud. Dix arbres fruitiers ont été sélectionnés de façon aléatoire dans chacun des deux phytodistricts. De chaque arbre reproducteur, 30 fruits matures ont été collectés. Les fruits ont été initialement ramassés au pied des arbres-mères et ont été stockés par étalement sur des couvertures au sol dans une salle à température ambiante et exposée à la lumière du jour (photo 2D). Ainsi, un total de 600 fruits a été collecté dans le cadre de cette expérimentation. Ces fruits matures ont été conservés avec les ailes (sépalés) jusqu'au jour du semis (photos 1 et 4). Les fruits ont été nettoyés



Photos 2.

Balance électronique utilisée pour les mesures de la masse des graines (A); pied à coulisse utilisé pour mesurer la longueur et le diamètre des graines (B); graines de *Lophira lanceolata* décortiquées et numérotées (C); fruits secs ailés entreposés (D).
 Electronic balance used for seed mass measurements (A); Caliper used to measure seed length and diameter (B); Dehulled and numbered *Lophira lanceolata* seeds (C); Stored winged dried fruit (D).
 Photos A. Lotchio.

avant le séchage afin d'éliminer les impuretés et éviter le développement des insectes. Les fruits collectés pendant la saison sèche ont été étalés dans une salle sous aération naturelle. La température de la salle était comprise entre 32 °C et 36 °C. Les traits morphologiques ont été mesurés sur les fruits (avant le décortilage) et aussi sur les graines (après le décortilage). Ainsi, avant d'être semées, les graines ont été décortiquées et mises à nu, puis la masse, la longueur et le diamètre des graines ont été mesurés. La masse des graines a été enregistrée (balance FA2104 Gulfex Medical & Electronic, portée de 210 g et précision de 0,0001 g) (photo 2A). Le diamètre maximal et la longueur des graines ont, quant à eux, été mesurés à l'aide d'un pied à coulisse (photo 2B). Les répartitions du nombre de graines en fonction des classes de diamètre, de longueur et de la masse, pour les deux zones d'étude, sont présentées dans le tableau I.

Les graines décortiquées ont ensuite été numérotées (photo 2C) puis semées dans des sachets portant le même code de référencement afin d'évaluer l'influence des traits morphologiques de chaque graine et de sa provenance sur le temps nécessaire à sa germination.

Le substrat utilisé pour les tests de germination est constitué d'un mélange de 1/3 de sable et 2/3 de terreau. La teneur en eau des graines a été déterminée avant le semis chaque semaine selon la provenance pour voir leur dessiccation en fonction du temps de conservation (figure 3).



Photo 3.
 Fruits secs ailés de *Lophira lanceolata*.
 Winged dried fruits of *Lophira lanceolata*.
 Photo A. Lotchio.



Photo 4.
 Jeunes plantules de *Lophira lanceolata* issues
 de la germination des graines.
 Young seedlings of *Lophira lanceolata* from
 seed germination.
 Photo A. Lotchio.

Chaque semaine, 15 graines provenant de chaque phytodistrict sont semées dans des sachets en polyéthylène. Dans chaque sachet de 22 cm de hauteur et 8 cm de diamètre était semée une seule graine, ce qui a permis d'obtenir 15 sachets pour chaque phytodistrict par semaine. Les sachets ont été regroupés selon la provenance des graines. Le dispositif utilisé était un dispositif en bloc de Fisher. L'expérience a été répétée trois fois à intervalle d'une semaine, ce qui correspond à trois durées de conservation des fruits avant le décorticage des graines : durée D1 (7 jours), durée D2 (14 jours) et durée D3 (21 jours). Le dispositif expérimental a été installé sous ombrage léger avec un seul arrosage par jour et ajustement de la quantité d'eau en fonction de l'humidité du substrat. Chacun des trois tests de germination a duré deux mois. La date de germination de chaque graine en sachet a été notée (photos 1 et 4). Cette date de germination notée est celle correspondant à la date d'émergence de la racicule du sol.

Collecte des données

Les traits morphologiques mesurés sur les semences concernent la masse du fruit et de la graine, la longueur du fruit et de la graine, le diamètre du fruit et de la graine (photo 3). Ces traits ont été examinés sur les phytodistricts du milieu d'étude grâce à une statistique descriptive simple (minimum, moyenne, écart-type, maximum, coefficient de variation). Le coefficient de variation (CV) est plus élevé pour la masse des graines (CV = 22,61 %) et est plus faible pour la longueur des graines (CV = 9,98 %) (tableau II).

Plusieurs traits morphologiques des fruits et graines de *L. lanceolata* sont positivement et significativement corrélés (tableau III).

Le nombre de graines ayant germé par jour a été noté de même que la date de germination afin de déterminer la durée de germination des graines et le taux de germination pour chaque lot de graines issu des deux phytodistricts. Le taux de germination est déterminé en multipliant le nombre de graines ayant germé par 100 sur le nombre total de graines semées. Ce taux de germination (TG) a été calculé par provenance et aussi pour chaque lot de semences conservé.

$$TG (\%) = 100 * \frac{\text{Nombre de graines germées}}{\text{Nombre de graines semées}}$$

Analyse des données

Un modèle linéaire généralisé (GLM) avec la famille quasi-poisson a été appliqué dans le but de déterminer l'influence des traits morphologiques sur le nombre de jours avant la germination des graines.

Concernant l'effet de la durée de conservation sur le nombre de jours avant la germination et sur le taux de germination, le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été effectué pour comparer, d'une part, les durées moyennes de germination suivant les périodes de conservation et, d'autre part, le taux moyen de germination suivant les périodes de conservation. Le test de comparaison multiple de Newman-Keuls a été utilisé pour faire ressortir les ressemblances entre les catégories.

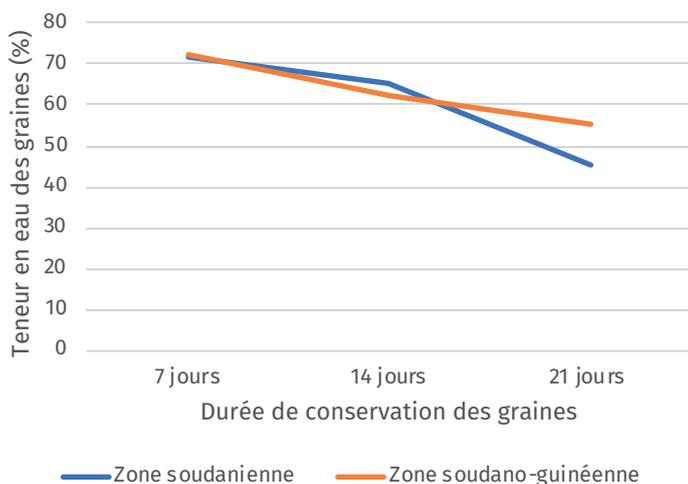


Figure 3.
 Variation de la teneur en eau des graines de *Lophira lanceolata* en fonction de la durée de conservation et de la provenance des graines.
 Variation in the water content of *Lophira lanceolata* seeds as a function of storage time and seed source.

Tableau I.

Nombre de graines *Lophira lanceolata* pour chacune des classes de répartition (diamètre, longueur et masse), en fonction des deux zones d'étude.

Number of seeds of Lophira lanceolata for each of the distribution classes (diameter, length and mass), in relation to the two study areas.

Nombre de graines par classe de diamètre										
Districts	[6-7]	[7-8]	[8-9]	[9-10]	[10-11]	[11-12]	Total			
Borgou-Nord	17	19	23	31	29	16	135			
Borgou-Sud	12	18	30	26	36	13	135			
Nombre de graines par classe de longueur										
Districts	[10-11]	[11-12]	[12-13]	[13-14]	[14-15]	[15-16]	[16-17]	[17-18]	[18-19]	Total
Borgou-Nord	14	10	11	18	24	20	12	15	11	135
Borgou-Sud	5	8	17	21	19	17	12	22	14	135
Nombre de graines par classe de masse										
Districts	[0,4-0,5]	[0,5-0,6]	[0,6-0,7]	[0,7-0,8]	[0,8-0,9]	[0,9-1]	[1-1,1]	[1,1-1,2]	[1,2-1,3]	Total
Borgou-Nord	10	12	21	22	20	18	10	12	10	135
Borgou-Sud	9	18	18	15	20	22	10	11	12	135

Tableau II.

Caractéristiques des fruits et graines de *Lophira lanceolata* du milieu d'étude.

Characteristics of the fruits and seeds of Lophira lanceolata in the study area.

Variables	Minimum	Moyenne	Écart-type	Maximum	Coefficient de variation
Masse du fruit (g)	0,630	1,128	0,207	1,640	18,370
Masse de la graine (g)	0,4700	0,8358	0,188	1,2700	22,612
Longueur du fruit (mm)	12,61	18,81	1,921	23,77	10,214
Longueur de la graine (mm)	10,05	15,29	1,526	18,95	9,986
Diamètre du fruit (mm)	7,75	10,79	1,099	12,79	10,187
Diamètre de la graine (mm)	6,670	9,287	0,944	11,00	10,172

L'effet du phytodistrict sur la durée de germination a été évalué par un GLM avec une erreur négative binomiale compte tenu de la sur-dispersion présentée par le modèle avec la distribution de poisson. Ensuite, le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été réalisé après vérification de la normalité afin de comparer les durées moyennes et les taux de germination selon la provenance des graines. Toutes les analyses ont été réalisées avec le logiciel R, version 3.6.1. Les paramètres suivants ont été utilisés pour caractériser les différents tests statistiques réalisés :

- β = estimateur ;
- t = valeur de la statistique t de Student ;
- p = probabilité que le coefficient soit significativement différent de zéro ;
- KW = valeur de la statistique de Kruskal-Wallis ;
- df = degré de liberté.

Résultats

Traits morphologiques et durée de germination des graines de *L. lanceolata*

La durée de la germination est significativement influencée par la masse des graines (tableau IV). Le nombre de jours avant la germination augmente lorsque la graine est lourde. Ainsi, les graines plus lourdes germent moins vite que les graines légères ($\beta = 31,66892 \pm 13,55970$; $t = 2,336$; $p = 0,0254$). Il existe une interaction positive entre les traits morphologiques des graines. Les graines longues et grosses (donc qui pèsent plus) mettent plus de jours pour germer ($\beta = 0,21086 \pm 0,09249$; $t = 2,280$; $p = 0,0288$).

Tableau III.

Corrélations entre les traits morphologiques des fruits et graines de *Lophira lanceolata*.
Correlations between morphological traits of fruits and seeds of Lophira lanceolata.

Traits morphologiques	Masse du fruit	Masse de la graine	Longueur du fruit	Longueur de la graine	Diamètre du fruit	Diamètre de la graine
Masse du fruit	1	2,2e⁻¹⁶	1,02e⁻⁰⁸	1,893e⁻¹⁰	2,2e⁻¹⁶	2,2e⁻¹⁶
Masse de la graine	0,9603	1	4,569e⁻¹⁰	3,248e⁻¹¹	2,2e⁻¹⁶	2,2e⁻¹⁶
Longueur du fruit	0,5727	0,6127	1	2,2e⁻¹⁶	0,0267	0,0266
Longueur de la graine	0,6232	0,6429	0,9795	1	0,0135	0,0134
Diamètre du fruit	0,8342	0,8671	0,2403	0,2671	1	2,2e⁻¹⁶
Diamètre de la graine	0,8343	0,8672	0,2405	0,2673	0,9999	1

Les valeurs en dessous de la diagonale de valeurs 1 désignent les coefficients de corrélation tandis que les valeurs situées au-dessus de la diagonale et en gras représentent les valeurs des probabilités.
Values below the diagonal of values 1 represent correlation coefficients, while values above the diagonal and in bold represent probability values.

Tableau IV.

Influence des traits morphologiques sur la durée de germination des graines de *Lophira lanceolata*.
Influence of morphological traits on the germination time of Lophira lanceolata seeds.

	Estimateur (β)	Erreur standard	Valeur de t	Probabilité Pr (> t)
Ordonnée (interception)	- 17,41685	11,36678	- 1,532	0,1344
Masse de la graine	31,66892	13,55970	2,336	0,0254*
Longueur de la graine	1,18793	0,75966	1,564	0,1269
Diamètre de la graine	2,20010	1,23804	1,777	0,0842
Masse de la graine : longueur de la graine	- 1,96314	0,88229	- 2,225	0,0326*
Masse de la graine : diamètre de la graine	- 3,46551	1,43820	- 2,410	0,0214*
Longueur de la graine : diamètre de la graine	- 0,12892	0,08181	- 1,576	0,1240
Masse de la graine : longueur de la graine : diamètre de la graine	0,21086	0,09249	2,280	0,0288*

Durée de conservation et germination des graines

Il y a une relation significative entre la durée de conservation des graines de *L. lanceolata* et la durée de la germination de ces graines (KW = 6,11 ; p = 0,04712). Les graines ayant été conservées seulement une semaine avant le semis germent plus vite que les graines conservées plus longtemps (tableau V ; figure 4).

Effet de la provenance (phytodistrict) sur la germination des graines de *L. lanceolata*

La durée de germination des graines n'est pas significativement influencée par la provenance des graines (KW = 1,4395 ; p = 0,2302). Cela est également confirmé

par la régression poisson avec l'erreur de distribution négative binomiale ($\beta = - 0,05550 \pm 0,10133$; Z = - 0,548 ; p = 0,584) (tableau VI). Les graines du phytodistrict du Borgou-Nord présentent une durée moyenne de germination (10 ,785 \pm 1,368 jours) approximativement égale à celles du phytodistrict du Borgou-Sud (10,333 \pm 1,47 jours) (tableau VII).

On note une différence significative entre les taux moyens de germination suivant les phytodistricts (KW = 3,8571 ; p = 0,04953). Le taux de germination des graines provenant du phytodistrict du Borgou-Sud est plus élevé que celui des graines provenant du Borgou-Nord (figure 5).

Tableau V.

Durées de conservation et de germination des graines de *Lophira lanceolata*.
Storage and germination times of Lophira lanceolata seeds.

Durée de conservation	Durée moyenne de germination	Écart-type
Semaine 1	9,714b	1,382
Semaine 2	10,842a	1,462
Semaine 3	11,000a	1,054

Les moyennes portant la même lettre « a » ne sont pas différentes au seuil de 5 %. Il n'y a pas de différences significatives entre les taux de germination (figure 4) suivant les durées de conservation (KW = 0,85714 ; df = 2 ; p = 0,6514).
Means with the same letter 'a' are not different at the 5% level. There were no significant differences in germination rates (Figure 4) between storage times (KW = 0.85714; df = 2; p = 0.6514).

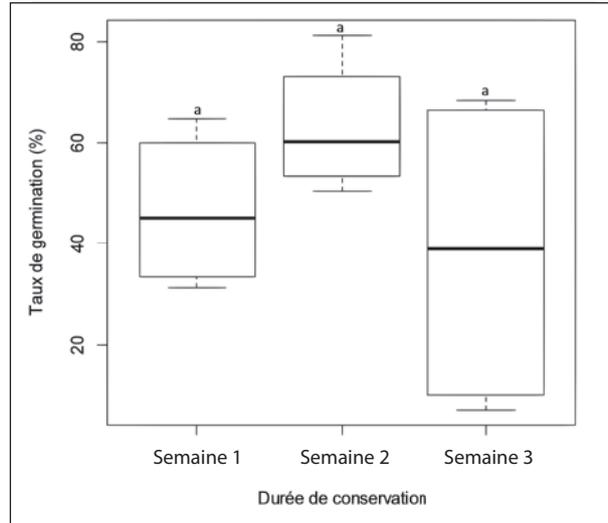


Figure 4.

Taux moyen de germination suivant les durées de conservation des graines. Note : La même lettre « a » indique qu'il n'y a pas de différence significative entre les taux moyens de germination.
Average germination rate according to seed storage times. Note: The same letter "a" indicates that there is no significant difference between the average germination rates.

Tableau VI.

Résultats du GLM à erreur négative binomiale.
Results of the GLM with negative binomial error.

	Estimateur	Erreur standard	Valeur de Z	Probabilité Pr (> z)
Ordonnée (interception)	2,39088	0,08392	28,491	< 2e-16 ***
District du Borgou-Sud	- 0,05550	0,10133	- 0,548	0,584

Tableau VII.

Durée moyenne avant la germination des graines de *Lophira lanceolata*.
Average time to germination of Lophira lanceolata seeds.

Phytodistricts	Durée moyenne avant la germination	Écart-type
Borgou-Nord	10,785	1,368
Borgou-Sud	10,333	1,470

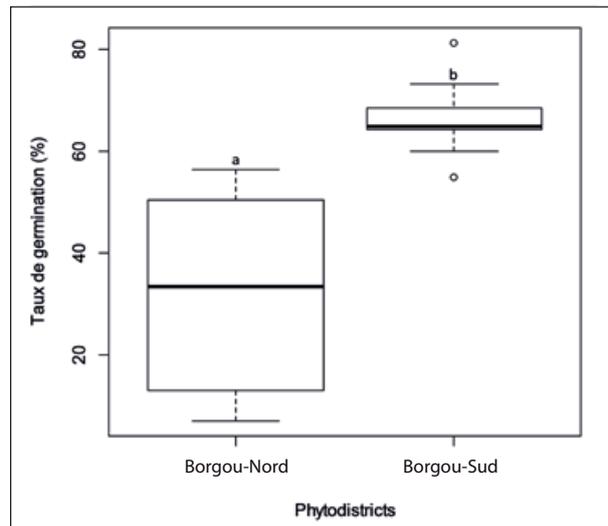


Figure 5.

Taux de germination suivant les phytodistricts.
Germination rate according to phytodistricts.

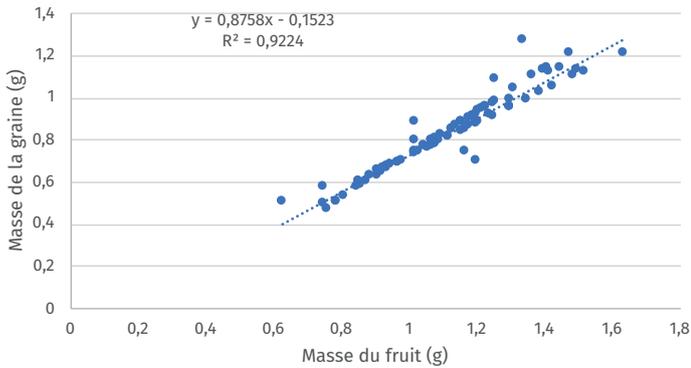


Figure 6.
 Relation entre la masse des fruits et la masse des graines de *Lophira lanceolata*.
 Relationship between fruit mass and seed mass of *Lophira lanceolata*.

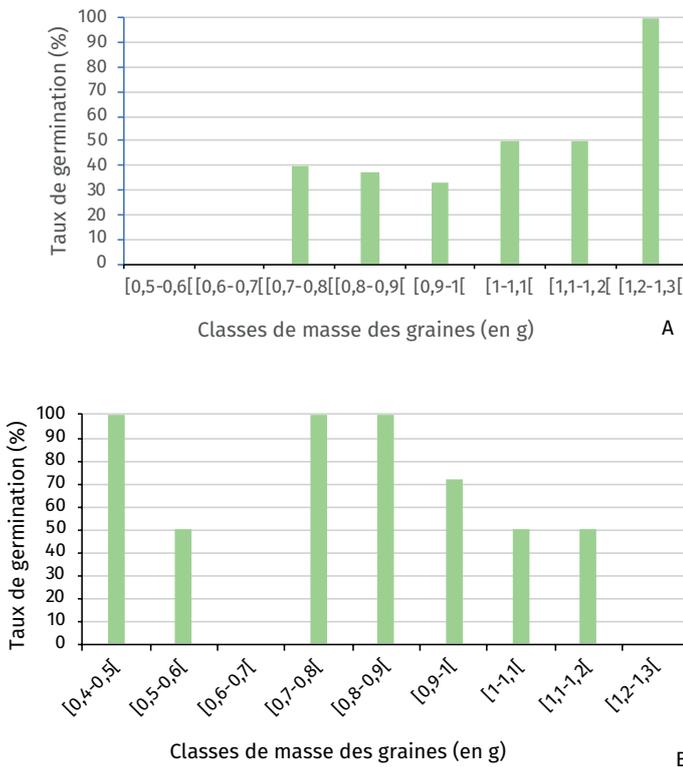


Figure 7.
 Taux de germination des graines par phytodistrict, Borgou-Nord (A) et Borgou-Sud (B), en fonction de la classe de masse des graines. Les valeurs égales à 0 sont dues au fait qu'aucune graine n'a germé.
 Seed germination rate by phytodistrict, Borgou-North (A) and Borgou-South (B), according to seed mass class. Values equal to 0 are due to the fact that no seeds have germinated.

Traits morphologiques des graines et taux de germination des graines

Le facteur déterminant est la masse de la graine et des fruits. Il existe une corrélation positive entre la masse des fruits et des graines. Au fur et à mesure que la masse du fruit augmente, la masse de la graine croît (figure 6).

La masse des graines influence le taux de germination dans les phytodistricts. Les graines de la classe [1,2-1,3[donnent 100 % (figure 7A) de taux de germination dans le Borgou-Nord alors que dans le Borgou-Sud les graines des classes de [0,4-0,5[, [0,7-0,8[et [0,8-0,9[donnent un taux de 100 % (figure 7B).

La longueur des graines a un effet sur le taux de germination des graines. Dans le Borgou-Nord, les graines de la classe de [18-19[donnent un taux de germination de 100 % (figure 8A) alors que dans le Borgou-Sud deux classes de graines de [10-11[et [18-19[donnent un taux de germination de 100 % (figure 8B).

Le diamètre des graines exerce une influence significative sur le taux de germination des graines de *L. lanceolata*. Dans le Borgou-Nord, la classe de diamètre des graines de [11-12[donne un taux de germination de 100 % (figure 9A) et celle de [9-10[donne un taux de germination de 83,33 % (figure 9B) dans le Borgou-Sud.

Discussion

Traits morphologiques et germination des graines de *L. lanceolata*

Les résultats montrent que la masse des graines de *L. lanceolata* influence significativement la durée nécessaire à leur germination. Cette durée augmente avec la masse des graines. Les grosses graines mettent plus de temps pour germer. Plus la graine est grosse, plus elle accumulerait des réserves de substances nutritives (Bewley et Black, 1994). Les graines lourdes contiendraient certainement suffisamment de substances qui renforceraient l'inhibition de la levée de la dormance physiologique des graines (Nonogaki *et al.*, 2010). Cette levée de l'inhibition est indispensable à la germination des graines. C'est ce qui expliquerait la corrélation significativement négative entre la masse des graines et la durée de la germination.

Bien que les grosses graines mettent plus de temps pour germer, le taux de germination final est plus élevé, notamment dans le phytodistrict du Borgou-Nord. Patel *et al.* (2016) ont fait une revue de littérature sur les facteurs influençant la germination et la croissance de plusieurs essences forestières à graines, tout comme Gonzalez (1993) qui a travaillé sur *Virola koschnyi*. Les résultats de leurs travaux ont montré que l'augmentation de la taille et du diamètre des graines favorise le succès de la germination, avec un taux de germination élevé en comparaison à celui des graines ayant des morphologies plus petites. Ces résultats confirment ceux de la présente étude, qui montrent bien que la masse des graines peut influencer significativement la durée et le taux de leur germination.

Durée de conservation et germination des graines

La conservation des graines de *L. lanceolata* au-delà d'une semaine influence significativement et négativement leur germination. Cette perte de capacité germinative serait certainement liée au caractère oléagineux des graines de *L. lanceolata* (Dicko *et al.*, 2017). Des changements biochimiques se produisent dans les graines pendant la conservation (N'Dri *et al.*, 2011). Des antioxydants et des oligosaccharides qui sont essentiels pour la longévité et la protection des graines ont été identifiés (Sattler *et al.*, 2004 ; Lepiniec *et al.*, 2006), permettant ainsi de mieux comprendre la perte de la capacité germinative des graines pendant le stockage. Guimbo *et al.* (2011) ont trouvé que la durée de conservation réduit considérablement le pouvoir germinatif des graines oléagineuses. Leurs travaux sur *Neocarya macrophylla* (Sabine) Prance ont montré que la conservation des graines à douze mois donne un faible taux de germination de 42,80 % alors que la conservation à trois mois donne 92,80 % de taux de germination de ces graines. Selon Sanogo *et al.* (2013), les graines récalcitrantes de *Carapa procera* fraîchement récoltées ont une teneur en eau (rapportée au poids frais) supérieure à 50 % et une faculté germinative supérieure ou égale à 90 %. Quand les graines sont séchées dans une salle ventilée, leur teneur en eau devient inférieure à 20 % après deux semaines de stockage, entraînant une perte totale de leur capacité à germer. Ces résultats montrent que la durée et les conditions de conservation des graines oléagineuses peuvent favoriser leur dessiccation et être néfastes au succès de leur germination. De même, lorsque les graines de *L. microcarpa* sont récoltées et conservées pendant 35 à 65 jours, leur capacité à germer baisse de 46,67 % (Lompo *et al.*, 2019). Cela montre que la conservation des graines de certaines espèces forestières exercerait un effet ralentisseur sur la capacité germinative.

Kouadio *et al.* (2020) ont mené des investigations sur des graines de *Tieghemella heckelii* Pierre ex A. Chev, en considérant trois catégories de graines : les graines fraîches, les graines stockées pendant 14 jours et les graines stockées pendant 21 jours. Ces graines ont présenté des taux de germination respectifs de l'ordre de 72, 56 et 42 %, indiquant que la conservation des graines de cette espèce au bout de 21 jours réduit considérablement le taux de germination optimal des graines et qu'une durée de conservation de 21 jours, comme dans le cas de l'expérience menée ici, pourrait compromettre le succès de la germination. Plus la durée de conservation est faible, plus les graines gardent leur capacité germinative.

Effet de la provenance des graines (i.e. phytodistrict) sur la germination des graines de *L. lanceolata*

Les graines du Borgou-Sud ont un taux de germination plus élevé que celles du Borgou-Nord. Ce résultat suggère qu'il faut utiliser les graines du Borgou-Sud dans la réalisation de pépinière pour une bonne germination des graines de *L. lanceolata*. Ainsi, la provenance des graines exerce un effet très significatif sur la germination des graines de *L. lanceolata*. Dans les programmes de restauration écologique, il est nécessaire de tenir compte de ce paramètre.

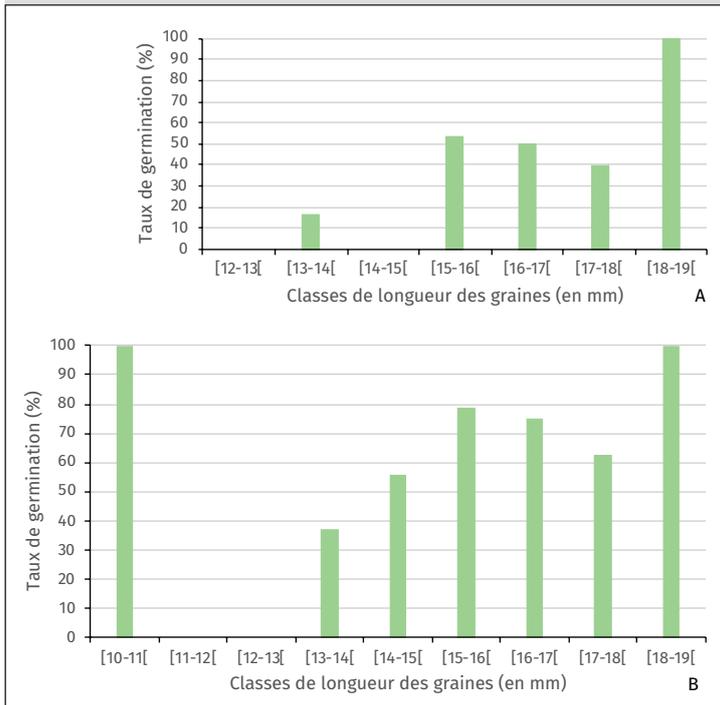


Figure 8. Taux de germination des graines par phytodistrict, Borgou-Nord (A) et Borgou-Sud (B), en fonction de la classe de longueur des graines. Les valeurs égales à 0 sont dues au fait qu'aucune graine n'a germé.
Seed germination rate by phytodistrict, Borgou-North (A) and Borgou-South (B), according to seed length class. Values equal to 0 are due to the fact that no seeds have germinated.

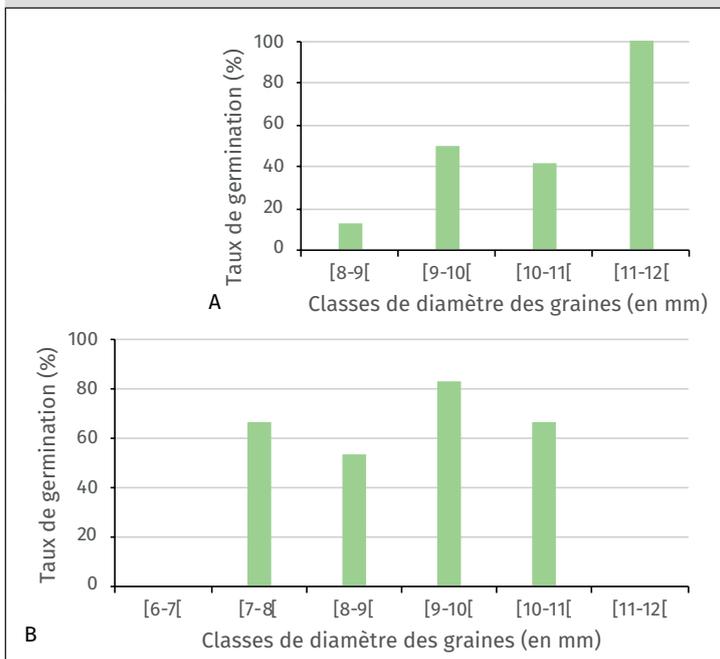


Figure 9. Taux de germination des graines par phytodistrict, Borgou-Nord (A) et Borgou-Sud (B), en fonction de la classe de diamètre des graines. Les valeurs égales à 0 sont dues au fait qu'aucune graine n'a germé.
Seed germination rates by phytodistrict, Borgou-North (A) and Borgou-South (B), according to seed diameter class. Values equal to 0 are due to the fact that no seeds have germinated.

Bognounou *et al.* (2010) ont trouvé que la provenance des graines affecte positivement la capacité germinative de *Combretum aculeatum*. Cela suggère qu'il est important de tenir compte de la provenance des semences impliquées dans les tests de germination afin d'identifier celles qui permettent d'obtenir de bons taux de germination. En effet, Yaaqobi *et al.* (2009) ont aussi constaté une différence entre le taux de germination des graines de *Pistacia atlantica* Desf issues de plusieurs localités, montrant ainsi que la capacité germinative des graines reste liée à leur zone de provenance. Cependant, chez une espèce arbustive, *Caesalpinia bonduc*, la diversité des provenances Ouèdo (Bénin) et Atakpamè (Togo) n'a pas significativement affecté le taux de germination des graines (Hessou *et al.*, 2009). Dans le cas de *L. lanceolata*, ce constat a été fait sur la durée nécessaire à la germination des graines. Ainsi, la provenance des graines n'a pas un effet significatif sur le nombre de jours avant la germination des graines de *L. lanceolata*. La durée de germination des graines de *L. lanceolata* provenant du Borgou-Nord n'est pas significativement différente de celles provenant du Borgou-Sud. Cela indique que la différence des conditions écologiques entre les phytodistricts du Borgou-Nord et du Borgou-Sud n'est pas un facteur suffisant pouvant affecter la durée de germination des graines de *L. lanceolata*.

Conclusion

La présente étude révèle que la masse des graines de *Lophira lanceolata* influence le succès de la germination. Ainsi, les graines de grand diamètre et de grande longueur (ayant alors une grande masse) germent moins vite que les graines de plus petite morphologie, mais permettent d'avoir un taux de germination élevé, et ce de manière encore plus prononcée lorsqu'elles proviennent du phytodistrict du Borgou-Nord. L'augmentation de la masse des graines ralentirait leur germination mais favoriserait un bon taux de germination finale. Pour une meilleure germination des graines de *L. lanceolata*, il est préférable de les semer déjà une semaine après la récolte. Après deux semaines de conservation, les graines mettent plus de temps à germer. Cette étude montre également qu'il n'y a pas une différence significative entre les durées de germination des graines provenant du phytodistrict du Borgou-Sud (zone soudano-guinéenne) et celles provenant du phytodistrict du Borgou-Nord (zone soudanienne). Les informations de la présente étude serviront d'orientation pour la sélection des meilleures graines dans le cadre de la réalisation de pépinière pour les programmes de reboisement avec *L. lanceolata*. La potentialité d'une graine à germer n'est pas seulement contrôlée par les traits morphologiques des graines, leur provenance ou leur durée de conservation. L'âge de la plante semencière ainsi que les stress subis par la plante dans son milieu tels que l'élagage (pour faire du bois de feu pour les ménages), les brûlures des troncs des arbres en fructification lors des activités de chasse ou de culture itinérante sur brûlis pourraient également avoir des influences sur la qualité des semences produites et, par ricochet, sur la germination des graines. Des expérimentations complémentaires pourraient être conduites sur ces

différents aspects pour élucider l'écophysiologie de la germination des graines de *L. lanceolata*.

Remerciements

Nous remercions la Fondation internationale pour la science pour avoir octroyé un financement au Dr Aliou Dicko sur cette thématique, contribuant ainsi aux programmes de conservation des espèces forestières au Bénin.

Information de financement

Cette étude a été réalisée grâce au financement accordé par la Fondation internationale pour la science (IFS Grant D/5690-2) au Dr Aliou Dicko (coauteur de ce manuscrit).

Accès aux données

Les données utilisées dans cet article sont disponibles en informant l'auteur correspondant et en utilisant le lien Internet suivant : https://drive.google.com/drive/folders/1uZBPCJIPfCkdhsGhfgCWg3tz8rg_OEdG?usp=sharing

Références

- Adomou A. C., 2005. Vegetation patterns and environmental gradients in Benin: implications for biogeography and conservation. PhD thesis, Wageningen University, The Netherlands, 150 p. <https://edepot.wur.nl/121707>
- Akossou A. Y. J., Houmenou W., Zinsou V., 2016. Caractérisation agromorphologique des graines de teck (*Tectona grandis* L. f.) au Bénin. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 10 : 559-572. [[Crossref](#)]
- Apema R., Mosouloua D., Kosh-Komba E., Ngoule Y., 2011. Les plantes médicinales utilisées dans le traitement de l'hypertension artérielle par les tradipraticiens à Bangui. Metz, France, Société française d'ethnopharmacologie, 6 p. http://www.ethnopharmacologia.org/recherche-dans-prelude/?plant_id=4552
- Baraloto C., 2003. Régénération forestière naturelle : de la graine à la jeune tige. Revue Forestière Française, 55 : 179-187. [[Hal-Archives](#)]
- Bellefontaine R., 2005. Pour de nombreux ligneux, la reproduction sexuée n'est pas la seule voie : analyse de 875 cas. Science et changements planétaires / Sécheresse, 16 (4) : 315-317. [[Agritrop](#)]
- Benidire L., Daoui K., Fatemi Z. A., Achouak W., Bouarab L., Oufdou K., 2015. Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba* L. Journal of Materials and Environmental Science, 6 : 840-851. [[Google Scholar](#)]
- Bewley J. D., 1997. Seed germination and dormancy. The Plant Cell, 9 (7): 1055-1066. [[Crossref](#)]
- Bewley J. D., Black M., 1994. Seeds. Springer, 450 p.

- 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. *Tropical Ecology*, 51: 207-220. [[ResearchGate](#)]
- Dagnelie P., 2000. La planification des expériences : choix des traitements et dispositif expérimental. *Journal de la Société Française de Statistique*, 141 : 5-29. http://www.numdam.org/item/JFSFS_2000_141_1-2_5_0.pdf
- Dicko A., 2017. Ethnobotanique, structure et phénologie de *Lophira lanceolata* Tiegh. ex Keay (Ochnaceae) au Bénin : Implications pour sa conservation et sa gestion durable. Thèse de doctorat, Université de Parakou, Bénin, 226 p.
- Dicko A., Natta A., Biao S. S., 2017. Connaissances ethnobotaniques et conservation de *Lophira lanceolata* (Ochnaceae) au Bénin (Afrique de l'Ouest). *Bénin, Annales de l'Université de Parakou*, 21 : 19-35.
- Dicko A., Natta A. K., Biao H. S. S., Akossou A., 2019. Assessing Morphological Traits Variation and Fruit Production of *Lophira lanceolata* (Ochnaceae) in Benin. *American Journal of Plant Sciences*, 10: 1048-1060. [[Scirp](#)]
- Finkelstein R., Reeves W., Ariizumi T., Steber C., 2008. Molecular aspects of seed dormancy. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 387-415. [[Crossref](#)]
- Footitt S., Marquez J., Schmutz H., Baker A., Theodoulou F. L., Holdsworth M., 2006. Analysis of the role of COMATOSE and peroxisomal beta-oxidation in the determination of germination potential in Arabidopsis. *Journal of Experimental Botany*, 57: 2805-2814. [[Crossref](#)]
- Gonzalez E. J., 1993. Effect of seed size on germination and seedling vigor of *Virola koschnyi* Warb. *Forest Ecology and Management*, 57: 275-281. [[Crossref](#)]
- 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. <http://www.tropicultura.org/text/v29n2/88.pdf>
- Hamawa Y., Dona A., Kanmegne O. N., Mbaye-niwah C., Awono J. M. D. K., Mapongmetsem P. M., 2019. Effet du poids de noix et de la dose d'engrais sur la germination et la croissance de l'anacardier (*Anacardium occidentale* L., Anacardiaceae) dans la savane guinéenne du Cameroun. *Afrique Science*, 15 : 302-312. <http://www.afriquescience.net/PDF/15/5/26.pdf>
- Hessou C., Kakai R. G., Assogbadjo A. E., Odjo T., Sinsin B., 2009. Test de germination des graines de *Caesalpinia bonduc* (L.) Roxb au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3: 310-317. [[Crossref](#)]
- Kadiri A. B., 2008. Evaluation of medicinal herbal trade (Paraga) in Lagos State of Nigeria. *Ethnobotanical Leaflets*, 12: 677-681. [[ResearchGate](#)]
- Kouadio K., Sanogo S., Kouassi E. K., Doffou C. S., 2020. 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*, 14: 2880-2892. [[Crossref](#)]
- Kouyate A. M., Dembele U., Lykke A. M., 2015. Les espèces ligneuses locales à huile : une ressource utile pour les communautés locales au Sud du Mali. *Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9 : 2754-2763. [[Crossref](#)]
- Leciak E., 2008. Des objets au croisement des disciplines : Les facettes éco-paysagères de Guinée Maritime. *Vertigo*, 8, 11 p. <https://id.erudit.org/iderudit/019969ar>
- Lepiniec L., Debeaujon I., Routaboul J.-M., Baudry A., Pourcel L., Nesi N., et al., 2006. Genetics and Biochemistry of Seed Flavonoids. *Annual Review of Plant Biology*, 57: 405-430. [[Crossref](#)]
- Lompo O., Dimobe K., Lankoandé B., Ouédraogo A., 2019. Performances germinatives des graines de *Lannea microcarpa* Engl. & K. Krause (Anacardiaceae) de provenance sahélo-soudanienne du Burkina Faso. *Tropicultura*, 37 : 2295-8010. [[Crossref](#)]
- Loupe D., 1994. Division de recherche en zones de savanes. Rapport d'activités 1993. CIRAD-Forêt, 15 p. [[Agritrop](#)]
- Mapongmetsem P. M., 2007. *Lophira lanceolata* Tiegh. ex Keay. *PROTA*, 14 : 115-118. [[PROTA4U](#)]
- Nambara E., Nonogaki H., 2012. Seed biology in the 21st century: Perspectives and new directions. *Plant and Cell Physiology*, 53 (1): 1-4. [[Crossref](#)]
- N'Dri A. A., Vroh-Bi I., Kouamé P. L., Bi I. Z., 2011. Bases génétiques et biochimiques de la capacité germinative des graines : implications pour les systèmes semenciers et la production alimentaire. *Sciences & Nature*, 8 (1) : 119-137. <https://www.ajol.info/index.php/scinat/article/download/92849/82273>
- Natta A. K., 2003. Ecological assessment of riparian forests in Benin: Phytodiversity, phytosociology and spatial distribution of tree species. PhD thesis, Wageningen University, The Netherlands, 226 p.
- Nonogaki H., Bassel G. W., Bewley J. D., 2010. Germination – still a mystery. *Plant Science*, 179 (6): 574-581. [[Crossref](#)]
- Nonviho G., Paris C., Muniglia L., Sessou P., Agbangnan D. C. P., Brosse N., et al., 2014. Chemical characterization of *Lophira lanceolata* and *Carapa procera* seed oils: Analysis of fatty acids, sterols, tocopherols and tocotrienols. *Research Journal of Chemical Sciences*, 4 (9): 57-62. [[Hal-Archives](#)]
- Ouédraogo A., Lykke A. M., Lankoandé B., Korbéogo G., 2013. Potentials for promoting oil products identified from traditional knowledge of native trees in Burkina Faso. *Ethnobotany Research and Applications*, 11: 071-083. <https://ethnobotanyjournal.org/index.php/era/article/view/826>
- Patel J. B., Bhatiya V. J., Babariya C. A., Sondarva J., 2016. Effect of seed size on seedling vigour, plant growth, seed yield and its parameters: A review. *Research in Environment and Life Sciences*, 9: 859-864.
- Randrianavosoa H., Andrianoelina O., Ramamonjisoa L., 2011. Tolérance à la dessiccation des graines de *Uapaca bojeri*, Euphorbiaceae. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5 : 72-79. [[Crossref](#)]

Raveneau M.-P., 2012. Effet des vitesses de dessiccation de la graine et des basses températures sur la germination du pois protéagineux. Thèse, Université d'Angers, France, 138 p. [[Hal-Archives](#)]

Roulon-Doko P., 1980. Bois de feu chez les Gbaya-kara-'bo-doe : essai de méthodologie et d'analyse ethno-linguistique. Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée, 27 : 221-246. [[Crossref](#)]

Sattler S. E., Gilliland L. U., Magallanes-Lundback M., Pollard M., DellaPenna D., 2004. Vitamin E is essential for seed longevity and for preventing lipid peroxidation during germination. The Plant Cell, 16: 1419-1432. [[Crossref](#)]

Sanogo S., Sacadé M., Van Damme P., NDiaye I., 2013. Caractérisation, germination et conservation des graines de *Carapa procera* DC. (Meliaceae), une espèce utile en santé humaine et animale. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, 17 : 321-331. [[ResearchGate](#)]

Some L. M., Sary H., Bellefontaine R., 1990. Conservation en chambre froide des graines prétraitées de six espèces sahélo-soudanaises. Bois et Forêts des Tropiques, 225 : 42-46. [[Crossref](#)]

Touré M. A., Faye E., Malou G., Diatta M., Samba S. A. N., Gas-sama Y. K., 2018. Traits morphométriques et germination des noix de *Anacarde occidentale* L. au Sénégal. Afrique Science, 14 : 215-226. [[ResearchGate](#)]

Willan R. L., 1992. Guide de manipulation des semences forestières dans le cas particulier des régions tropicales. Rome, Italie, FAO, Étude FAO Forêts, 20, 444 p. [[FAO](#)]

Yaaqobi A., El Hafid L., Haloui B., 2009. Étude biologique de *Pistacia atlantica* Desf. de la région orientale du Maroc. Biomatec Echo, 3 : 39-49. [[Google Scholar](#)]

Yélé-mou B., Yaméogo G., Millogo J., Hien V., 2007. Germination sexuée et dynamique de développement de *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst, une espèce agroforestière du Burkina Faso. Science et changements planétaires / Sécheresse, 18 (3) : 185-192. [[Crossref](#)]

Lotchio et al. – Contribution des auteurs

Rôle du contributeur	Noms des auteurs
Conceptualisation	A. Dicko, A. K. Natta
Gestion des données	A. Lotchio
Analyse formelle	A. Lotchio
Acquisition du financement	A. Dicko
Méthodologie	A. Lotchio
Supervision	A. K. Natta
Validation	A. Lotchio, A. Dicko, A. K. Natta
Visualisation	A. Lotchio
Écriture – Préparation de l'ébauche originale	A. Lotchio, A. Dicko, A. K. Natta
Écriture – Révision et édition	A. Lotchio, A. Dicko, A. K. Natta

Bois et Forêts des Tropiques - Revue scientifique du Cirad -
 © Bois et Forêts des Tropiques © Cirad



Cirad - Campus international de Baillarguet,
 34398 Montpellier Cedex 5, France
 Contact : bft@cirad.fr - ISSN : L-0006-579X