

Influence de la température et de la durée de trempage sur la germination des graines de *Uapaca bojeri*, espèce endémique des Hautes Terres de Madagascar, dans la région Amoron'i Mania

**Dimby Onjamalala Tojoalinjanahary
Mananjanahary Aimée Andriamifidy
Myria Flore Rasoavololonjanahary**

Ecole doctorale de Biodiversité et Environnement Tropicaux,
Université de Toliara, Madagascar

Approved: 13 October 2026
Posted: 15 October 2026

Copyright 2026 Author(s)
Under Creative Commons CC-BY 4.0
OPEN ACCESS

Cite As:

Tojoalinjanahary, D.O., Andriamifidy, M.A., & Rasoavololonjanahary, M.F. (2026). *Influence de la température et de la durée de trempage sur la germination des graines de Uapaca bojeri, espèce endémique des Hautes Terres de Madagascar, dans la région Amoron'i Mania*. ESI Preprints. <https://doi.org/10.19044/esipreprint.10.2026.p339>

Résumé

Uapaca bojeri (*Tapia*), est une forêt sclérophylle endémique de Madagascar revêtant une importance écologique et socio-économique majeure. Elle constitue la principale plante hôte du ver à soie sauvage (*Borocera cajani*), dont l'exploitation contribue aux moyens de subsistance des communautés locales. Compte tenu de l'importance du *Tapia* et de la nécessité de soutenir sa restauration, l'amélioration de la germination des graines est essentielle pour réussir la production de jeunes plants. Cette étude vise à évaluer les effets de températures et durées de trempage sur la germination des graines de *Uapaca bojeri* dans la région d'Amoron'i Mania, à Madagascar. 300 graines saines ont été réparties en deux groupes de 150 graines : le premier a été soumis à différentes températures de trempage et le second à différentes durées de trempage, ensuite les taux de germination ont été évalués. La germination a été faible à 0 °C, tandis que le taux de germination le plus élevé (68 %) a été enregistré à des températures entre 20 et 30 °C. La germination a été totalement inhibée aux températures élevées, à partir de 60 °C. Concernant la durée de trempage, une immersion de cinq jours a obtenu le meilleur taux de germination (85%) que celle avec un

trempage de 24 heures ou de 10 jours. Ainsi, les graines de *Tapia* ont besoin de conditions adaptées de température et de trempage pour bien germer. Les températures modérées (20–30 °C) et une durée de trempage appropriée favorisent la production de jeunes plants.

Mots-clés : *Uapaca bojeri* (*Tapia*), température de trempage, germination, durée de trempage, Madagascar

Effects of Soaking Temperature and Duration on Seed Germination of *Uapaca bojeri* Baill. in Amoron'i Mania Region, An Endemic Species of the Madagascar Highlands

Dimby Onjamalala Tojoalinjanahary

Mananjanahary Aimée Andriamifidy

Myria Flore Rasoavololonjanahary

Doctoral School of Tropical Biodiversity and Environment,
University of Toliara, Madagascar

Abstract

Uapaca bojeri, commonly known as *Tapia*, is an endemic tree species of Madagascar with major ecological and socio-economic value. It is the principal host plant of the wild silkworm *Borocera cajani*, whose exploitation contributes to the livelihoods of local communities. Given the importance of *Tapia* and the need to support its restoration, improving seed germination is an essential step for successful seedling production. This study aimed to assess the effects of different imbibition temperatures and soaking durations on the germination response of *Uapaca bojeri* seeds in the Amoron'i Mania region of Madagascar. A total of 300 healthy seeds were divided into two groups of 150 seeds each: the first was subjected to different soaking temperatures, and the second to different soaking durations, after which germination responses were assessed. Germination was low at 0 °C, with a final rate of 7%, whereas the highest germination rate (68%) was recorded at temperatures ranging from 20 to 30 °C. Germination was completely inhibited at high temperatures of 60 °C and above. Regarding soaking duration, five days of soaking resulted in higher germination than 24 hours or 10 days. Overall, these results demonstrate that *Uapaca bojeri* seeds require specific temperature and soaking conditions for successful germination, with moderate temperatures (20-30°C) and an appropriate soaking duration providing more favorable conditions for seedling

production.

Keywords: *Uapaca bojeri* (Tapia), germination, soaking temperature, soaking duration, Madagascar

Introduction

La pré-germination constitue une étape importante dans la production de plants en pépinière, notamment pour les espèces destinées aux programmes de conservation et de restauration écologique. Les traitements de pré-germination, tels que le trempage, consistent à contrôler l'humidité et la saturation en eau et favoriser l'ouverture des graines afin d'initier les processus physiologiques précédant la germination. Ces traitements peuvent favoriser une germination plus rapide et plus homogène ainsi qu'une meilleure vigueur des plantules, ce qui présente un intérêt particulier pour la production de plants destinés à la restauration des écosystèmes dégradés (Paparella, et al., 2015) ; (Pedrini, et al., 2020).

La germination et l'établissement des plantules dépendent de plusieurs facteurs environnementaux, notamment la disponibilité en eau, la température et la lumière. L'imbibition constitue la première phase du processus germinatif, l'absorption d'eau rehydrate les tissus de la graine et réactive progressivement son métabolisme. La température détermine pour sa part la vitesse et le taux final de germination (Bradford, 1995); (Pedrini et al., 2020). La maîtrise de ces facteurs durant la phase initiale du développement permet donc d'optimiser les conditions nécessaires à la germination et à l'émergence des plantules.

Le *Tapia* (*Uapaca bojeri*, Baill., Phyllanthaceae) est une espèce endémique de Madagascar, caractéristique des formations sclérophylles de Hautes Terres. Il revêt une importance écologique et socio-économique notable : ses fruits comestibles, la production de soie sauvage (*Borocera cajani*) à partir des chenilles qui s'y nourrissent, et les services écosystémiques fournis par ces formations contribuent aux moyens de subsistance des populations locales (Rakotondrasoa, et al., 2012); (Andriamanohera, Rakotoarisoa, & Lehmann, 2020). Or, ces formations sont soumises à une dégradation continue, notamment sous l'effet des feux et de l'exploitation (Rakotondrasoa et al., 2013), ce qui rend nécessaire la production des plants en pépinière pour la restauration.

Parmi les traitements pré-germinatifs, le trempage des graines dans l'eau constitue une méthode simple et peu coûteuse pour accélérer la germination. Son efficacité varie selon la durée du traitement, la température de l'eau, les caractéristiques des graines (taille, structure du tégument) et leur niveau de dormance. La durée optimale d'imbibition ne peut donc pas être généralisée entre espèces et doit être déterminée expérimentalement pour

chaque taxon (Randrianavosoa et al., 2011; Paparella et al., 2015 ; Pedrini et al., 2020).

Chez *Uapaca bojeri*, le trempage des graines dans l'eau a été signalé comme un traitement préalable susceptible de favoriser la germination (Rasamoelina, 2004). Des travaux sur d'autres espèces du genre, notamment *Uapaca kirkiana* ont également montré l'influence des conditions d'imbibition sur la germination (Numbi Mujike, et al., 2024). Toutefois, la durée optimale de trempage ainsi que les conditions thermiques associées demeurent insuffisamment documentées. Cette lacune limite l'élaboration d'un protocole de prégermination standardisé pour la production de plants en pépinière. Ce qui justifie la détermination de ces paramètres sus mentionnés.

La présente étude a donc comme objectif de déterminer la durée de trempage la plus appropriée ainsi que la température optimale associée, afin d'identifier les conditions pré-germinatives favorables à l'accélération et à l'amélioration de la germination des graines de *Uapaca bojeri*. Sur la base de ces éléments, deux hypothèses ont été formulées : (H1) la durée d'imbibition influence la germination des graines de *Uapaca bojeri*; (H2) la germination des graines de *Uapaca bojeri* varie en fonction de la température de trempage.

Méthodologies

Collecte des fruits de *Uapaca bojeri* B.

Les fruits sont prélevés dans la forêt de *Tapia* à Ambohimanja (20°12'42,5" S, 47°05'39" E), une commune Rurale de la Région Amoron'i Mania, durant les mois coïncidant à leur maturation (entre le mois d'octobre et décembre). Les fruits tombés par terre au pied des individus semenciers ont été ramassés. Une partie des fruits de *Tapia* collectés a été achetée auprès des vendeuses du marché local (Figure 1), qui les commercialisent au prix de 1 euro les 5 kilogramme.



Figure 1 : Vente des fruits de *Uapaca bojeri* sur un marché local (Tojoalinjanahary, 2023)

Les fruits les plus grosses et mûres ont été privilégiés au cours de la collecte. Les semences mûres, de meilleure qualité sont très facile à connaître à l'aide de leur couleur tégumentaire, c'est-à-dire qu'elles sont de couleur brune pouvant évoluer vers la couleur marron (Lisan, 2013) après sa chute au sol.

Préparation des graines

Après la collecte, les fruits sont d'abord dépulpés avant d'être triés. En effet, le fruit de *Uapaca bojeri* est une drupe dont le mésocarpe charnu et sucré est comestible. Après élimination de l'épicarpe et du mésocarpe, les graines protégées par l'endocarpe sont conservées avec leur endocarpe avant le trempage. D'après la méthode citée par Rasamoelina (2004) qui consiste le test de flottaison, un tri qualitatif est réalisé par immersion dans l'eau durant lequel les graines flottantes sont éliminées (figure 2), ceux-ci étant généralement considérés comme non viables et inaptes à la germination. Ensuite, les graines saines sont prétraitées avant leur semis. La qualité des graines est considérée comme un des facteurs principaux affectant leur bonne germination.

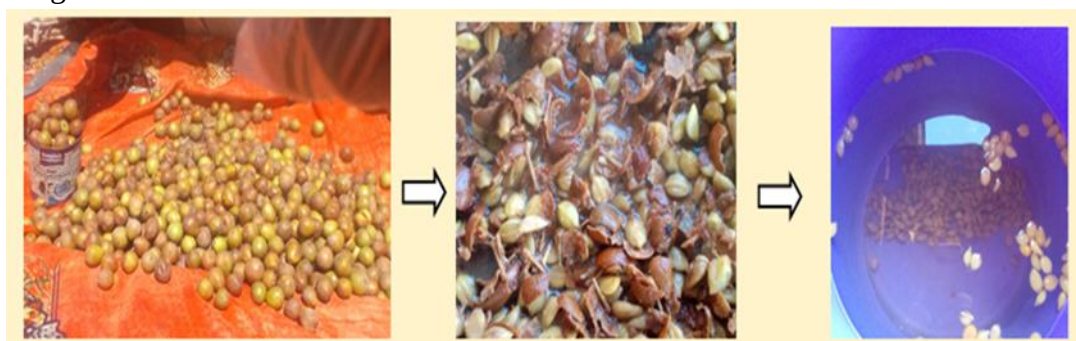


Figure 3 : Tri des graines (collecte, dépulpage et tri) (Tojoalinjanahary, 2023)

Le pré traitement vise à libérer les graines de son enveloppe et à lever la dormance. Pour le fruit de *Tapia*, les graines sont trempées dans l'eau douce pendant plusieurs jours, à l'ombre, dans un récipient transparent afin de déclencher la germination (Figure 3).



Figure 2 : Trempage des graines (Tojoalinjanahary, 2024)

Prétraitement des graines :

Lors du test de germination, les essais de prétraitement ont été répartis en deux séries d'expériences : au total 300 graines saines ont été réparties en deux groupes de 150 graines. Le premier groupe a été soumis à des trempages de différentes durées, tandis que le second a été soumis à des trempages à différentes températures. Les performances de germination de chaque traitement ont ensuite été comparées afin de déterminer les conditions optimales de prétraitement.

- Dans un premier temps, avant le semis, 150 graines saines ont été testées. 1/3 des graines (50 graines) sont trempées dans de l'eau pendant 5 jours, 1/3 seront trempées pendant 10 jours et les 1/3 restes pendant une journée. Les 3 différentes durées de trempage sont présentées comme suit : D1 : 24h ; D2 : 5jrs ; D3 : 10jrs. La durée de trempage permet de déterminer le niveau d'humidité nécessaire à la stimulation de la germination des graines de *Tapia*.
- D'un autre côté, sur 150 autres graines saines : 1/3 des graines (50 graines) sont trempées dans une température moins ou égale à 0°C, 1/3 seront trempées à une température entre 20 à 30°C et les 1/3 autres dans de l'eau chaude à partir de 60 °C. Pour chaque température, les graines sont imbibées pendant 5 jours. Les 3 différentes températures de trempage sont présentées comme suit : t1 : 0 °C ; t2 : 20°-30 °C ; t3 ≥60°. La température de 0 °C a été maintenue dans un bain de glace. Pour la température à partir de 60 °C, l'eau a été chauffée dans un récipient métallique et sa température a été contrôlée régulièrement à l'aide d'un thermomètre à sonde afin de maintenir l'eau autour de 60 °C avant d'y immerger les graines. Pendant le trempage des graines, l'ouverture de l'enveloppe de la graine indique que celle-ci est prête à être semée.

Mise en pépinière

Le substrat joue un rôle important dans le succès de la production arboricole (Ahoton et al. 2009). Le substrat est composé de 1/3 de terreaux, 1/3 de fumiers de bovin et 1/3 de sables qui sont mélangés pour être mise en gaine (figure 4).



a. Terreau

b. Fumier de bovin

c. Sable

Le rempotage du sac en plastique avec les mélanges de substrat se fait jusqu'à 1cm de leur rebord (Roussel, 1995). Celui-ci est effectué au moins trois jours avant le semis des graines afin de favoriser la compaction et la stabilisation du sol dans le sachet (Ndour, Sarr, & Fall, 2003).

Mise en place du dispositif d'ombrage : les jeunes plants de *Tapia* ont besoin d'une mince couche de paille pour les protéger du coup de soleil. Cela permet de limiter l'évaporation, éviter le dessèchement des racines superficielles (Nicolas, 2008), et apporte une lumière filtrée, idéale pour les plantules. Dans cette expérimentation, la hauteur de l'ombrage est de 1m au-dessus du sol, avec une longueur de 3m et 1m de largeur (Figure 5).

Réalisation du semis : Le semis a été réalisé à raison d'une graine par pot. Les graines sont enfoncées dans le substrat à 1cm de profondeur. A partir du semis, comme ce sont des plantes qui ont un fort besoin en humidité (Randrianavosoa et al 2011) il faut que l'arrosage ait lieu une fois par jour (le matin durant la période d'expérimentation), sauf s'il y a une forte pluie.

Après le semis, les paramètres suivants sont à mesurer :

- Temps de germination,
- Taux de germination: La germination a été suivie en conditions naturelles de pépinière à travers l'observation quotidienne de l'apparition des plantules. Le taux de germination a été calculé à partir du nombre de graines ayant donné naissance à une plantule par rapport au nombre total de graines semées, conformément au principe de détermination du pourcentage de germination fondé sur la production de plantules normales (Willan, 1992). Pour *Uapaca bojeri*, la durée convenue est de 20 à 30 jours après semis (Rasamoelina, 2004).

Le taux de germination est donné par la formule suivante :

$$Tg (\%) = (G \times 100) / N$$

Avec Tg (%) : taux de germination, G : nombre de graine ayant germé dans les conditions les plus favorables, N : nombre total des graines semées.



Figure 5 : Mise en pépinière de *Uacapa bojeri* (1 : graines de *Tapia* près pour le semis, 2 : Ombrage de la pépinière ; 3 : Pépinière) (Tojoalinjanahary, 2024)

Résultats

Ce présent chapitre présente les résultats obtenus pendant les tests de prégermination. Afin d'identifier les conditions favorables à la levée des plantules.

Durée de trempage

Les résultats exposés ici concernent l'effet des différentes durées de trempage effectuées aux graines de *Tapia* (1 jour, 5 jours et 10 jours) sur la germination, en mettant en évidence les conditions favorables à la levée des plantules.

La figure suivante présente le nombre de graines qui ont germés par rapport au temps de trempage (figure 6).

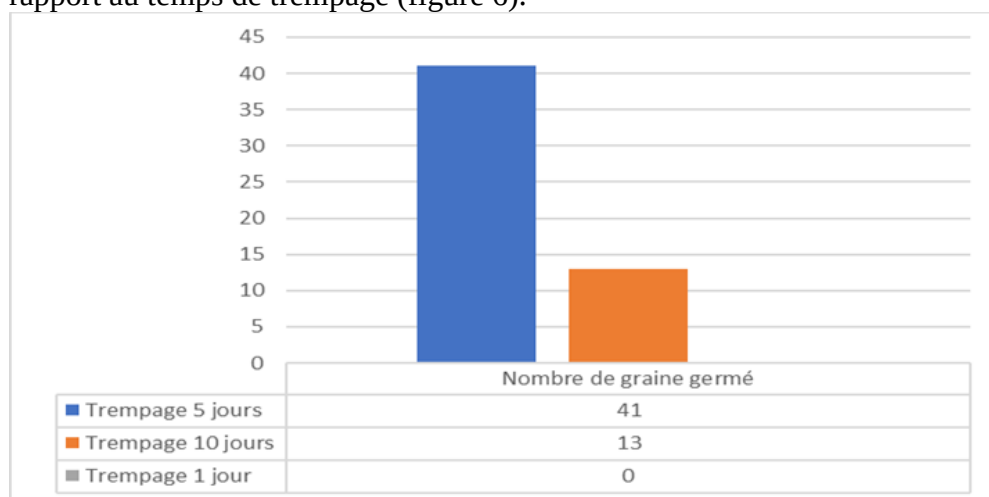


Figure 6 : Germination par rapport au temps de trempage (Tojoalinjanahary, 2024)

Pour les 50 graines trempées pendant une journée ou 24heures, aucune graine n'a germé. Pour celles qui sont trempées pendant 5jours, sur 50 graines, 41 ont germé soit 85%. Et pour les graines trempées pendant 10jours, seulement 13 graines sont germées soit 26%.

Pour vérifier si la durée de trempage affecte significativement le processus de germination, un test de Khi-2 s'impose avec une hypothèse H_0 telle que la proportion de germination est la même pour les trois durées de trempage (tableau 1).

Tableau 1 : Test de Khi2 sur la germination avec 3 différentes durées de trempage

Aspect du test	Valeur
Valeur du Khi ² calculée	76,215
Degrés de liberté (ddl)	2
Valeur critique ($\alpha = 0,05$)	5,99
p-value	< 0,0001 ($\approx 2,8 \times 10^{-17}$)

(Tojoalinjanahary, 2024)

Ce tableau montre clairement que la valeur calculée de Chi2 (76,22) dépasse largement la valeur critique (5,99) conduisant au rejet de l'hypothèse H_0 . En effet, la durée de trempage influence de manière hautement significative le taux de germination des graines ($\chi^2 = 76,22$, $p < 0,0001$). Le trempage de 5 jours apparaît comme la durée optimale, produisant un taux de germination de 82%, significativement supérieur aux autres durées testées. La durée de trempage 5 jours est donc plus favorable pour la germination des graines de *Tapia*.

Température

Cette sous-section présente les résultats relatifs à l'influence des différentes conditions thermiques sur le taux et la vitesse de germination des semences (tableau 2). Comme le précédent test, 50 graines sont testées pour chaque traitement soit 150 graines au total.

Tableau 2 : Taux de germination sous condition thermique

Température (°C)	Pourcentage de graines germées (%)
0	14
20-30	68
60-100	0

(Tojoalinjanahary, 2024)

D'après les résultats, 14% des graines trempées dans l'eau à température 0°C ont germé. Pour les graines trempées dans l'eau dans une température entre 20 à 30°C, 68% des graines ont germé. Et pour les graines trempées dans l'eau où la température est supérieure ou égale à 60°C, aucune graine n'a germée.

Pour comprendre si l'effet de la température sur la germination est très significatif, un test ANOVA a été utilisé et les résultats sont présentés dans le tableau suivant (tableau 3).

Tableau 3 : ANOVA simulés pour le taux de germination des *Tapia* dans différentes températures

Source	Somme carrés	df	F	p-valeur
Température	3 764	2	99,2	<0,001
Résidu	76	2	-	-

(Tojoalinjanahary, 2024)

La plage entre 20-30°C est optimale (68% de germination), tandis que les extrêmes (0° et $\geq 60^\circ$) inhibent totalement ou fortement la germination (Tg : 0% à partir de 60°C et 14% à 0°C). Le test ANOVA montre une valeur de F élevé (99,2) et $p < 0,001$, rejetant l'absence de différence entre les traitements. Ces résultats démontrent significativement que la température favorable se trouve entre 20-30°C pour la germination de graines de *Tapia*.

La figure suivante présente l'évolution du nombre de graines germées au cours du temps, suivant les différentes températures.

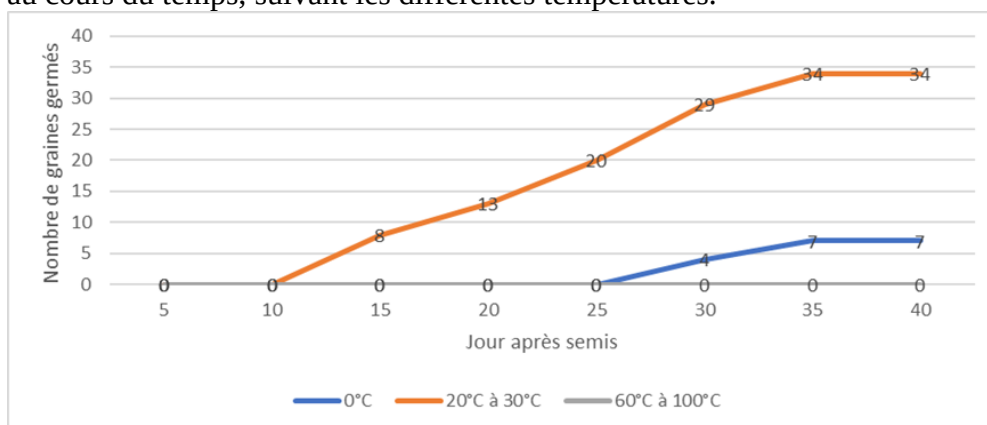


Figure 7 : Nombre graines germées par rapport à la température (Tojoalinjanahary, 2024)

La figure 7 montre que si la température est supérieure à 20°C, la germination est plus rapide. Huit plantules ont commencé à émerger au 15^e jour post-semis (8 graines germées) et le nombre a ensuite augmenté à 34 graines germées au 40^e jour. A température 0°C, la germination est lente, quatre plantules sont apparues à partir du 30^e jour après le semis. et seules 7 graines germent après 40 jours de semis. Tandis que l'extrême chaleur plus de 60° bloque totalement la germination des graines de *Tapia*.

Discussion

Effet de la durée de trempage

Les données statistiques ont montré que la durée de trempage 5 jours est plus favorable pour la germination des graines de *Tapia* par rapport aux durées de trempage 24h et 10 jours. Le taux de germination avec le trempage pendant 5 jours est significativement supérieur aux autres durées testées avec une valeur de $\chi^2 = 76,22$ et $p < 0,0001$. Les résultats obtenus montrent une variation importante du taux de germination en fonction de la durée de trempage des graines de *Uapaca bojeri*. Le taux de germination atteint 85 % après un trempage de 5 jours, alors qu'aucune germination n'est observée après un trempage d'un jour. Après 10 jours de trempage, le taux de germination diminue fortement pour atteindre seulement 26%. Ces résultats suggèrent que la durée de trempage constitue un facteur déterminant de la germination des graines de *Tapia* et qu'une durée intermédiaire, notamment cinq jours dans les conditions de cette expérimentation, semble être plus favorable.

L'absence de germination après un jour de trempage pourrait s'expliquer par une hydratation insuffisante des graines. Les résultats obtenus peuvent être rapprochés du caractère récalcitrant des graines de *Uapaca bojeri* confirmé par Randrianavosoa et al. (2011). Les graines de cette espèce sont sensibles à la dessiccation. L'imbibition constitue en effet une étape essentielle de la germination, puisqu'elle permet la réhydratation des tissus et la réactivation progressive des processus métaboliques nécessaires à la reprise de l'embryon. La réactivation des processus physiologiques nécessaires à l'initiation de la germination est limitée quand les graines sèchent. Ce résultat rejoint les observations de Randrianavosoa et al. (2011), selon lesquelles une faible teneur en eau des graines est associée à un allongement du délai nécessaire à l'apparition de la première germination.

En revanche, le faible taux de germination après dix jours de trempage indique qu'une prolongation de l'exposition à l'eau n'améliore pas nécessairement la germination. Elle pourrait au contraire créer des conditions défavorables, notamment en raison d'une faible disponibilité en oxygène autour des graines, d'une altération des tissus ou du développement de microorganismes. Dardour et al. (2014), dans son article sur les graines de *Brachychiton sp*, montre que la pénétration de l'eau en excès à l'intérieur des graines provoque l'asphyxie de l'embryon. Yaaqobi, cité par Dardour et al. (2014), a également rapporté que chez les graines de *Tecoma stans*, l'augmentation de la durée d'imbibition des graines dans l'eau a provoqué une diminution du taux de germination. Ils associent notamment ces dommages à une diminution de la respiration et de la disponibilité en oxygène, ainsi qu'à une perturbation du métabolisme énergétique des graines.

L'hypothèse H1, selon laquelle la durée d'imbibition influence la germination des graines de *Uapaca bojeri*, est donc confirmée.

Ainsi, les résultats obtenus mettent en évidence l'existence d'une durée de trempage optimale pour la germination des graines de *Uapaca bojeri*. Dans les conditions de la présente expérimentation, le trempage pendant cinq jours apparaît comme le traitement le plus favorable, avec un taux de germination de 85 %.

Effet de Température sur la germination de *Tapia*

Les résultats mettent en évidence une forte influence de la température sur la germination des graines de *Uapaca bojeri*. Le taux final de germination est faible (7 %) à une température 0°C pendant leur imbibition. Il atteint 68 % dans l'intervalle de 20 à 30 °C, puis devient nul au delà de 60°C. Cette réponse suggère l'existence d'une plage thermique favorable à la germination, située, dans les conditions de la présente expérimentation, entre 20 et 30 °C. Le test d'ANOVA (F élevé=99,2 et $p < 0,001$) montre les différences significatives des effets des différentes températures sur les graines. En effet, la température constitue l'un des principaux facteurs environnementaux contrôlant à la fois la vitesse et le pourcentage final de germination, chaque espèce présentant des températures minimale, optimale et maximale caractéristiques (Alvarado & Bradford, 2002 ; Dürr et al., 2015). L'hypothèse H2, qui suppose que « la germination des graines de *Uapaca bojeri* varie en fonction de la température de trempage » est confirmée par les résultats obtenus.

La très faible germination observée à 0 °C (7 %) pourrait être liée au ralentissement des processus physiologiques nécessaires à la germination sous l'effet des basses températures. À l'inverse, le taux de 68 % obtenu entre 20 et 30 °C indique que cette plage thermique est plus favorable à l'activation des processus métaboliques associés à la germination. Les graines présentent généralement une température de base en dessous de laquelle la germination est fortement ralentie, une température optimale correspondant aux meilleures performances germinatives et une température maximale au-delà de laquelle la germination est inhibée (Alvarado & Bradford, 2002).

L'absence de la germination à partir de 60 °C traduit, quant à elle, une forte sensibilité des graines aux températures élevées. Des températures supérieures à la température optimale peuvent provoquer une inhibition de la germination et, lorsque l'exposition est suffisamment importante, entraîner une perte de viabilité des graines. Watt et Bloomberg (2012) soulignent notamment que la germination présente généralement une réponse thermique caractérisée par une température optimale et une température plafond au-delà de laquelle la germination cesse.

Ces résultats concordent avec les observations d'Alvarado et al. (2015) réalisées sur les espèces ligneuses des boisements de *Tapia* des Hautes Terres de Madagascar. Dans cette étude, la germination de plusieurs espèces diminuait avec l'augmentation de la température du traitement thermique, et *Uapaca bojeri* n'a présenté aucune germination après les traitements de chaleur sèche appliqués. Ces observations suggèrent que la tolérance du *Tapia* à la chaleur ne signifie pas nécessairement que ses graines sont stimulées par les températures élevées. La persistance de l'espèce après une forte chaleur pourrait davantage reposer sur sa capacité de survie et de régénération végétative par rejets que sur une stimulation de la germination par la chaleur.

Il faut aussi souligner que la plupart des études portant sur les prétraitements thermiques des graines indiquent que l'exposition à des températures élevées, dans des conditions contrôlées, peut favoriser la germination chez certaines espèces (Dayamba et al. 2010 ; Keeley & Fotheringham 1998 ; Brown 1993). Toutefois, dans notre étude, les graines ont été maintenues dans de l'eau à température élevée (à partir de 60°C) pendant une durée prolongée de cinq jours. Une exposition aussi longue à une température élevée pourrait avoir entraîné une altération des tissus et une perte de viabilité des graines. Cette exposition prolongée aurait ainsi pu perturber, voire empêcher, les processus métaboliques nécessaires à la reprise de l'activité germinative, ce qui pourrait expliquer l'absence ou la faible germination observée.

Limite d'études

L'étude a été limitée par le nombre restreint d'échantillons utilisés pour les tests, en raison de contraintes logistiques et spatiales. En effet, l'espace disponible pour réaliser les essais était insuffisant pour gérer un plus grand nombre d'échantillons simultanément ni de réaliser des répétitions pour chaque traitement. Par conséquent, l'étude a été menée selon un dispositif expérimental sans répétition, permettant néanmoins d'explorer les tendances observées et de dégager des résultats préliminaires. Par ailleurs, l'absence d'un laboratoire à proximité, correctement équipé pour effectuer plusieurs tests de germination et de croissance, a également restreint la capacité à multiplier les expériences. Ces contraintes ont limité la taille de l'échantillon et, par conséquent, la possibilité d'obtenir des résultats plus représentatifs et de mieux évaluer la variabilité naturelle des réponses des graines.

Étant donné que le traitement de 24 heures n'a donné aucun résultat, conformément aux résultats de Randrianavosoa et al., (2011) qui affirme que les graines de *Uapaca bojeri* sont sensible à la dessiccation, le traitement sans trempage n'a pas été inclus dans le dispositif expérimental. Toutefois, afin de

disposer d'un élément de comparaison, un traitement sans trempage aurait dû être inclus comme témoin.

Conclusions

En conclusion, les résultats de cette étude montrent que le trempage des graines de *Tapia* dans de l'eau à température ambiante pendant cinq jours constitue le traitement le plus favorable à l'amélioration de leur germination. Ce protocole pourrait ainsi être recommandé comme méthode de prégermination de *Uapaca bojeri* en pépinière, notamment dans le cadre des programmes de restauration des forêts de *Tapia*.

Ces résultats ouvrent des perspectives de recherche visant à approfondir la réponse germinative des graines de *Uapaca bojeri* dans des conditions thermiques extrêmes. Des expérimentations complémentaires pourraient notamment porter sur différentes durées d'imbibition des graines dans de l'eau portée à très haute température. Cela permet de déterminer si la germination de *Uapaca bojeri* demeure possible malgré ces conditions thermiques contraignantes et d'identifier la durée d'imbibition susceptible de préserver une certaine capacité germinative. Ces études devraient être menées sur un nombre plus important de graines et avec plusieurs répétitions expérimentales. Cette approche permettrait ainsi de mieux caractériser la tolérance des graines de *Tapia* à l'imbibition dans l'eau très chaude et d'apporter des éléments supplémentaires sur leur capacité de régénération dans des contextes soumis à des températures élevées. La mise en place d'un espace expérimental adapté et l'accès à un laboratoire équipé permettraient également de multiplier les essais et de tester davantage de conditions de prégermination.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. 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. (Césalpinacées). *Tropicultura*, 27(4), 233–238.
2. Alvarado, S., Buisson, E., Rabarison, H., Rajeriarison, C., Birkinshaw, C., & Lowry, P. (2015). Effects of heat on the

- germination of sclerophyllous forest species in the highlands of Madagascar. *Austral Ecology*, 601–610.
3. Alvarado, V., & Bradford, K. (2002). A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. *Plant, Cell & Environment*, 1061–1069.
 4. Andriamanohera, M., Rakotoarisoa, S., & Lehmann, C. (2020). *Uapaca bojeri*: *Phyllanthaceae*. Curtis's Botanical Magazine.
 5. Bradford, K. J. (1995). Water relations in seed germination. (K. J. Marcel Dekker, & G. Galili, Éd.) *Seed Development and Germination*, 351–396.
 6. Brown, N. A. (1993). Promotion of germination of fynbos seeds by plant-derived smoke. *New Phytologist*, 575–583.
 7. Dardour, M., Daroui, A., Boukroute, A., Kouddane, N., & Berrichi, A. (2014). Étude de prétraitements des graines de *Brachychiton populneus* (Schott & Endl.) R. Br. et *B. acerifolius* F. Muell. en faveur de leur germination. *Journal of Materials and Environmental Science*, 5(6), 1877–1884.
 8. Dayamba, S., Savadogo, P., Zida, D., Sawadogo, L., Tiveau, D., & Oden, P. (2010). Fire temperature and residence time during dry season burning in a Sudanian savanna-woodland of West Africa with implication for seed germination. *Journal of Forestry Research*, 445–450.
 9. Dürr, C., Dickie, J., Yang, & Pritchard, H. (2015). Ranges of critical temperature and water potential values for the germination of species worldwide: Contribution to a seed trait database. *Agricultural and Forest Meteorology*, 222–232.
 10. Keeley, J. E., & Fotheringham, C. J. (1998). Smoke-induced seed germination in California chaparral. *Ecology*, 2320–2336.
 11. Lisan, B. (2013). *Fiche présentation arbre : Uapaca bojeri* (Baill.). Consulté le 2024, sur <http://www.benjamin.lisan.free.fr/projetsreforestation/Malagasy-trees-candidates.pdf>
 12. Ndour, N., Sarr, M., & Fall, M. (2003). *Rapport sur les techniques de reboisement d'Avicennia à la Somone*.
 13. Nicolas, J. (2008). *La pépinière* (éd. 2e éd). (T. & Lavoisier, Éd.) Paris.
 14. Paparella, S., Araújo, S., Rossi, G., Wijayasinghe, M., Carbonera, D., & Balestrazzi, A. (2015). *Seed priming: State of the art and new perspectives* (Vol. 34).
 15. Pedrini, S., Balestrazzi, A., Madsen, M. D., Bhalsing, K., Hardegree, S. P., Dixon, K. W., & Kildisheva, O. A. (2020). Seed enhancement: Getting seeds restoration-ready. *Restoration Ecology*, S266–S275.

16. Rakotondrasoa, O., Malaisse, F., Rajoelison, G., Gaye, J., Razafimanantsoa, T., Rabearisoa, M., . . . Bogaert, J. (2013). *Identification des indicateurs de dégradation de la forêt de tapia (Uapaca bojeri) par une analyse sylvicole* (Vol. 31). Tropicultura.
17. Rakotondrasoa, O., Malaisse, F., Rajoelison, G., Razafimanantsoa, T., Rabearisoa, M., Ramamonjisoa, B., . . . Bogaert, J. (2012). *La forêt de tapia, écosystème endémique de Madagascar : écologie, fonctions, causes de dégradation et de transformation (synthèse bibliographique)*. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement.
18. Randrianaivosoa, H., Andrianoelina, O., & Ramamonjisoa, L. (2011). Tolérance à la dessiccation des graines d'*Uapaca bojeri*, Euphorbiaceae. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 72–79.
19. Rasamoelina, R. S. (2004). *Etude de faisabilité du repeuplement d'Uapaca bojeri dans la région de Manandriana et d'Ambatofinandrahana, dans le cadre de transfert de gestion des ressources naturelles*. Madagascar: Ecole Supérieure de Science Agronomique d'Antananarivo.
20. Roussel, J. (1995). Pépinières et plantations forestières en Afrique tropicale sèche. (ISRA-CIRAD, Éd.) 435.
21. Watt, M. S., & Bloomberg, M. (2012). Key features of the seed germination response to high temperatures. *New Phytologist*, 332–336.
22. Willan, R. L. (1992). *Guide de manipulation des semences forestières dans le cas particulier des régions tropicales*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).