



UNIVERSITÉ D'ANTANANARIVO

INSTITUT D'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
D'ANTSIRABE - VAKINANKARATRA

-O-O-O-O-O-O-

MENTION ENVIRONNEMENT

PARCOURS GESTION DE L'ENVIRONNEMENT

MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER

Présenté par : Mademoiselle RANDRIANARISOA Hanitriniala Domohina Sylvia

ÉTUDE DE LA GERMINATION ET CROISSANCE EN PÉPINIÈRE DE SIX ESPÈCES DE FABACEAE DE LA RÉGION ATSIMO-ANDREFANA

Présenté le 16 juillet 2022

Devant la commission de jury composée de :

- Président* : Professeur RASOLOARINIAINA Jean Robertin
Directeur de Recherche Associé
- Rapporteurs* : Docteur ANTSONANTENAINARIVONY Ononamandimby
Maître de Conférences
Docteur RATOvonamana RAKOTOMALALA Yedidya
Maître de Conférences
- Examineurs* : Docteur RAMAROSANDRATANA Aro Vonjy
Maître de Conférences
Docteur RAKOTOSON Luciano Tatiana
Enseignante à l'Institut d'Enseignement Supérieur d'Antsirabe Vakinankaratra

Année Universitaire : 2019-2020



REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je suis reconnaissante envers l'Institut d'Enseignement Supérieur d'Antsirabe_Vakinankaratra (IES_AV).

Je saisis cette occasion pour remercier toutes les personnes qui m'ont beaucoup aidée, de près ou de loin dans la réalisation de ce travail. J'adresse mes sincères remerciements à :

- Docteur ANTSONANTENAINARIVONY Ononamandimby, Maître de Conférences, Directeur de notre Institut et mon encadreur pédagogique. Votre encouragement inlassable, votre amabilité de diriger ce travail et votre disponibilité méritent toute admiration ;
- La Mention Environnement, représentée par Monsieur le Responsable de Mention Professeur RASOLOARINIAINA Jean Robertin, Directeur de Recherche Associé, qui a accepté d'être le président de jury de ce mémoire malgré ses multiples engagements ;
- Docteur RATOSONAMANA RAKOTOMALALA Yedidya, Maître de Conférences, mon encadreur professionnel, qui n'a cessé de m'aider, sur terrain, sur l'analyse des données et sur l'amélioration de ce manuscrit ;
- Docteur RAMAROSANDRATANA Aro Vonjy, Maître de Conférences et Docteur RAKOTOSON Luciano Tatiana, Enseignante à l'IES_AV, qui ont accepté d'être membres de jury en tant qu'examineurs de ce mémoire. Merci beaucoup pour toutes vos interventions pour orienter ce manuscrit vers un œuvre de mérite ;
- Monsieur RAKOTOSOA Sylvain Rija, pour ses remarques éclairées et ses précieux conseils pour la rédaction ;
- Au Parc National de Tsimanampetsotsa ;
- Tous les paraécologistes du campement de recherche d'Andranovao (Association Analasoa) pour leurs précieux « coups de main » sur les travaux sur terrain. Merci beaucoup pour les sourires et les ambiances que vous avez partagées ;
- Tous les enseignants pour les soutiens pédagogiques ;
- Toutes les personnes enquêtées dans la Commune Rurale d'Efoetse, particulièrement les villageois du Fokontany Efoetse et Marofijery ;
- Tous mes collègues de la même promotion. À Randriamora Nasolo Diary Nandrianina et Razafimaharo Hantanirina, pour leurs encouragements qui m'étaient très chers. Je suis très reconnaissante de vos interventions inoubliables qui alimentent ma réflexion.

Enfin, à mes parents, à mes frères et à toute ma famille, je dédie un grand remerciement pour vos encouragements, vos soutiens moraux et vos amours inestimables.

RÉSUMÉ

Les espèces de Fabaceae sont communément exploitées par les communautés de la Région Atsimo-Andrefana, en tant que bois de construction, bois d'énergie, fourrage, plante médicinale et cosmétique à part leur importance écologique. Vu les problèmes de dormance physiologique et morphologique des graines, leur taux de régénération naturelle est très faible. Pour pallier à ces difficultés, la multiplication *ex-situ* est conseillée afin d'assurer la pérennité de ces espèces ainsi que leur utilisation durable et rationnelle. Ainsi, six espèces ligneuses de Fabaceae ont été choisies grâce aux services écosystémiques qu'elles fournissent à la population locale. Un test de germination a été entrepris dans le Parc National de Tsimanampetsotsa pour ces espèces dont : *Albizia mahalao*, *Albizia tulearensis*, *Delonix floribunda*, *Tamarindus indica*, *Tetrapterocarpon geayi* et *Vachellia bellula*. L'objectif est d'identifier les conditions optimales pour assurer la germination et la croissance des plantules. Quatre facteurs ont été testés : prétraitements de graines, calibre de graines, substrats et salinité de l'eau. Parmi les prétraitements de graines, la scarification manuelle a permis d'obtenir le taux de germination maximal pour toutes les espèces, compris entre 60,9 et 87,9 %. Les graines à gros calibre présentent la capacité germinative la plus élevée pour *Albizia tulearensis* (35,6 %), *Tamarindus indica* (59,6 %) et *Vachellia bellula* (70,3 %). Pour *Albizia mahalao*, *Delonix floribunda* et *Tetrapterocarpon geayi*, la germination la plus élevée a été obtenue avec les graines à moyen calibre, avec des taux de germination respectifs de 58,5 ; 67,1 et 77,4 %. Seule *Vachellia bellula* tolère la forte salinité, avec un taux de germination de 79,9 % (10 g/L NaCl). Pour les autres espèces, le taux de germination avec la même concentration varie de 1,4 à 57,1 %. Parmi les quatre substrats, le sol calcaire et le sol mélangé favorisent non seulement la germination, mais également la croissance et la viabilité des plantules. Ces techniques simples et à faibles coûts seront recommandées pour la future production des jeunes plants dans la région Atsimo-Andrefana.

Mots-clés : Fabaceae, graine, germination, croissance, Tsimanampetsotsa.

ABSTRACT

Fabaceae species are commonly exploited by the population in the Atsimo-Andrefana region for different purposes as construction wood, energy wood, fodder, medicinal plants and cosmetics, along with their ecological importance. Its natural regeneration rate is very low because of the problems related to physiological and morphological seed dormancy and other ecological factors. To overcome these difficulties, *ex-situ* multiplication of seedlings is essential to ensure the sustainable use of the Fabaceae species. Thus, a germination test was undertaken for six woody Fabaceae species encountered in Tsimanampetsotsa National Park such as *Albizia mahalao*, *Albizia tulearensis*, *Delonix floribunda*, *Tamarindus indica*, *Tetrapterocarpon geayi* and *Vachellia bellula*. The aims of this study is to identify the optimal conditions for seed germination and seedling growth. Four factors closely related to seed germination and seedling growth were studied : seed pre-treatments, seed size, substrates and water salinity. Manual scarification led to the highest germination rate for all species, ranging from 60.9 to 87.9 %. For *Albizia tulearensis*, *Tamarindus indica* and *Vachellia bellula*, the largest seeds gave the highest germination rate, with 35.6, 59.6 and 70.3 % respectively. For *Albizia mahalao*, *Delonix floribunda* and *Tetrapterocarpon geayi*, the highest germination rate were obtained with medium size, with 58.5, 67.1 and 77.4 % respectively. The results showed that only *Vachellia bellula* tolerates the salinity of the water at the time of germination, with a germination rate of 79.9 % with 10 g/L NaCl. For other species, germination rate at 10 g/L NaCl dose is low, around 1.4 and 57.1 %. Calcareous soil and mixture soil were the most favorable not only for germination, but also for growth and viability of the seedlings of all the species. These simple techniques and low cost are recommended for the future production of seedlings in this region.

Key words: Fabaceae, seed, germination, growth, Tsimanampetsotsa

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	i
RÉSUMÉ	ii
ABSTRACT	iii
SOMMAIRE	iv
LISTE DES TABLEAUX	vi
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES ANNEXES	ix
LISTE DES ABRÉVIATIONS	x
GLOSSAIRE	xi
INTRODUCTION	1
I. GÉNÉRALITÉS	3
I.1. MILIEU D'ÉTUDE	3
I.1.1. Milieu abiotique	3
I.1.2. Milieux biotiques	5
I.1.3. Milieux humains	8
I.2. GÉNÉRALITÉS ET IMPORTANCE DE LA FAMILLE DES FABACEAE	8
I.2.1. Importances écologiques	9
I.2.2. Importances économiques	9
I.2.3. Autres utilisations	9
I.3. CHOIX DES ESPÈCES	9
I.3.1. Description des espèces cibles	10
I.3.2. Endémicité et statut de conservation	12
I.4. GERMINATION	12
I.4.1. Graine	12
I.4.2. Dormance	13
I.4.3. Principe de la germination	13
II. MATÉRIELS ET MÉTHODES	15
II.1. COLLECTE DE DONNÉES	15
II.1.1. Enquête ethnobotanique	15
II.1.2. Collecte et préparation des graines	15
II.1.3. Caractérisation des graines	16
II.1.4. Essai de germination	16
II.1.5. Paramètres de germination	20
II.1.6. Paramètres de croissance	21

II.2. ANALYSES ET TRAITEMENTS DES DONNÉES	22
II.2.1. Analyse des données d'enquête	22
II.2.2. Analyses des données de germination	22
II.2.3. Analyse de données de croissance	22
II.2.4. Analyses statistiques	22
III. RÉSULTATS	24
III.1. ENQUÊTE ETHNOBOTANIQUE	24
III.2. CARACTÉRISTIQUES DES GRAINES	25
III.3. CARACTÉRISTIQUES DES SUBSTRATS ET QUALITÉ DE L'EAU	26
III.3.1. Substrats	26
III.3.2. Qualité de l'eau	26
III.4. EFFETS DES PRÉTRAITEMENTS, DES CALIBRES DE GRAINES, DES TYPES DE SUBSTRATS ET DE LA SALINITÉ SUR LA GERMINATION	26
III.4.1. Espèce : <i>Albizia mahalao</i>	27
III.4.2. Espèce : <i>Albizia tulearensis</i>	29
III.4.3. Espèce : <i>Delonix floribunda</i>	31
III.4.4. Espèce : <i>Tamarindus indica</i>	33
III.4.5. Espèce : <i>Tetrapterocarpon geayi</i>	34
III.4.6. Espèce : <i>Vachellia bellula</i>	36
III.5. EFFET DES SUBSTRATS SUR LA VIABILITÉ ET LA CROISSANCE DES PLANTULES	38
III.5.1. Espèce : <i>Albizia mahalao</i>	38
III.5.2. Espèce : <i>Albizia tulearensis</i>	39
III.5.3. Espèce : <i>Delonix floribunda</i>	39
III.5.4. Espèce : <i>Tamarindus indica</i>	40
III.5.5. Espèce : <i>Tetrapterocarpon geayi</i>	41
III.5.6. Espèce : <i>Vachellia bellula</i>	41
IV. DISCUSSION	42
CONCLUSION	50
BIBLIOGRAPHIE	51
ANNEXES	
PUBLICATIONS	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Clés de détermination des six espèces cibles.	10
Tableau 2 : Caractéristiques morphologiques des graines de six espèces.	25
Tableau 3 : Caractéristique texturale des substrats utilisés pour le test de germination (n=10).	26
Tableau 4 : Conductivité et pH de l'eau utilisée pour le test de germination.	26
Tableau 5 : Effets des calibres de graines sur la germination d' <i>Albizia mahalao</i>	27
Tableau 6 : Effets des substrats sur la germination d' <i>Albizia mahalao</i>	28
Tableau 7 : Effets des calibres de graines sur la germination d' <i>Albizia tulearensis</i>	29
Tableau 8 : Effets des substrats sur la germination d' <i>Albizia tulearensis</i>	30
Tableau 9 : Effets des calibres de graines sur la germination de <i>Delonix floribunda</i>	31
Tableau 10 : Effets des substrats sur la germination de <i>Delonix floribunda</i>	32
Tableau 11 : Effets des calibres de graines sur la germination de <i>Tamarindus indica</i>	33
Tableau 12 : Effets des substrats sur la germination de <i>Tamarindus indica</i>	34
Tableau 13 : Effets des calibres de graines sur la germination de <i>Tetrapterocarpon geayi</i> . ..	35
Tableau 14 : Effets des substrats sur la germination de <i>Tetrapterocarpon geayi</i>	35
Tableau 15 : Effets des calibres de graines sur la germination de <i>Vachellia bellula</i>	37
Tableau 16 : Effets des substrats sur la germination de <i>Vachellia bellula</i>	37

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude.....	4
Figure 2 : Diagramme ombrothermique du Parc National de Tsimanampetsotsa pour des données enregistrées entre 2015 et 2021.....	5
Figure 3 : Différents groupements végétaux dans le Parc National de Tsimanampetsotsa : (a) forêt sèche dégradée à <i>Didierea madagascariensis</i> et <i>Cedrelopsis grevei</i> , (b) forêt sèche semi-ouverte à <i>Didierea madagascariensis</i> et <i>Cedrelopsis grevei</i> , (c) forêt sèche à <i>Erythrophysa aesculina</i> et <i>Didierea madagascariensis</i> et (d) fourré xérophile à <i>Alluaudia comosa</i> et <i>Senna meridionalis</i>	6
Figure 4 : Illustration des différentes formes d'adaptation des végétaux dans le Parc National de Tsimanampetsotsa : (a) <i>Salvadora angustifolia</i> , (b) <i>Euphorbia onoclada</i> , (c) <i>Didierea madagascariensis</i> , (d) <i>Commiphora mahafaliensis</i> , (e) <i>Adansonia rubrostipa</i> et (f) <i>Xerophyta tulearensis</i>	7
Figure 5 : Espèces emblématiques de la zone d'étude : (a) <i>Galidictis grandidieri</i> et (b) <i>Astrochelys radiata</i>	8
Figure 6 : Illustrations des caractéristiques morphologiques des six espèces cibles.....	11
Figure 7 : Coupe longitudinale d'une graine de <i>Phaseolus vulgaris</i>	12
Figure 8 : Types de germination : (a) épigée (<i>Tamarindus indica</i>) et (b) hypogée (<i>Prunus persica</i>). 14	14
Figure 9 : Collecte de graines : (a) gousses d' <i>Albizia mahalao</i> et (b) gousses d' <i>Albizia tulearensis</i> . 15	15
Figure 10 : Mensuration des graines : (a) pesage avec une balance de précision et (b) mesure de la longueur, de la largeur et de l'épaisseur d'une graine avec un pied-à-coulisse.	16
Figure 11 : Pépinière d'Andranovao montrant le dispositif expérimental avec un ombrage à 70 % et les jeunes plants.....	19
Figure 12 : Expérience en tubes.....	19
Figure 13 : Semis et entretien des plantules : (a) semis direct et (b) arrosage des plantules.	20
Figure 14 : Aperçu de la germination : (a) graine germée de <i>Vachellia bellula</i> et (b) de <i>Delonix floribunda</i>	21
Figure 15 : Mesure des paramètres de germination : (a) hauteur de <i>Delonix floribunda</i> et (b) feuille de <i>Vachellia bellula</i>	21
Figure 16 : Indice d'utilisation des six espèces cibles. (n = 50).....	24
Figure 17 : Illustrations des graines de six espèces cibles : (a) <i>Albizia mahalao</i> , (b) <i>Albizia tulearensis</i> , (c) <i>Delonix floribunda</i> , (d) <i>Tamarindus indica</i> , (e) <i>Tetrapterocarpon geayi</i> et (f) <i>Vachellia bellula</i> . 25	25
Figure 18 : Effets des prétraitements de graines sur la germination d' <i>Albizia mahalao</i> : (a) taux et (b) temps de germination.	27

Figure 19 : Effets de la salinité sur la germination d' <i>Albizia mahalao</i> : (a) taux et (b) temps de germination.....	28
Figure 20 : Effets des prétraitements de graines sur la germination d' <i>Albizia tulearensis</i> : (a) taux et (b) temps de germination.....	29
Figure 21 : Effets de la salinité sur la germination d' <i>Albizia tulearensis</i> : (a) taux et (b) temps de germination.....	30
Figure 22 : Effets des prétraitements de graines sur la germination de <i>Delonix floribunda</i> : (a) taux et (b) temps de germination.....	31
Figure 23 : Effets de la salinité sur la germination de <i>Delonix floribunda</i> : (a) taux et (b) temps de germination.....	32
Figure 24 : Effets des prétraitements de graines sur la germination de <i>Tamarindus indica</i> : (a) taux et (b) temps de germination.....	33
Figure 25 : Effets des prétraitements de graines sur la germination de <i>Tetrapterocarpon geayi</i> : (a) taux et (b) temps de germination.....	34
Figure 26 : Effets de la salinité sur la germination de <i>Tetrapterocarpon geayi</i> : (a) taux et (b) temps de germination.....	36
Figure 27 : Effets des prétraitements de graines sur la germination de <i>Vachellia bellula</i> : (a) taux et (b) temps de germination.	36
Figure 28 : Effets de la salinité sur la germination de <i>Vachellia bellula</i> : (a) taux et (b) temps de germination.....	38
Figure 29 : Effet des substrats sur la viabilité et la croissance d' <i>Albizia mahalao</i> : (a) taux de viabilité, (b) croissance en hauteur et (c) apparition des feuilles.	39
Figure 30 : Effet des substrats sur la viabilité et la croissance d' <i>Albizia tulearensis</i> : (a) taux de viabilité, (b) croissance en hauteur et (c) apparition des feuilles.	39
Figure 31 : Effet des substrats sur la viabilité et la croissance de <i>Delonix floribunda</i> : (a) taux de viabilité, (b) croissance en hauteur et (c) apparition des feuilles.	40
Figure 32 : Effet des substrats sur la viabilité et la croissance de <i>Tamarindus indica</i> : (a) taux de viabilité, (b) croissance en hauteur et (c) apparition des feuilles.	40
Figure 33 : Effet des substrats sur la viabilité de <i>Tetrapterocarpon geayi</i>	41
Figure 34 : Effet des substrats sur la viabilité et la croissance de <i>Vachellia bellula</i> : (a) taux de viabilité, (b) croissance en hauteur et (c) apparition des feuilles.	41

LISTE DES ANNEXES

Annexe I : Données climatiques du Parc National de Tsimanampetsotsa entre 2015 à 2021.

(Source : Station d'Andranovao)

Annexe II : Fiche d'enquête

Annexe III : Classification de la qualité des eaux en fonction des conductivités électriques

Annexe IV : Triangle textural (source : United States Departement of Agriculture)

Annexe V : Fiche de relevé : Germination

Annexe VI : Fiche de relevé : Croissance

Annexe VII : Guide pratique pour la production des jeunes plants : *Albizia mahalao* (Balabake), *Albizia tulearensis* (Mendorave), *Delonix floribunda* (Fengoky), *Tamarindus indica* (Kily), *Tetrapterocarpon geayi* (Vaovy) et *Vachellia bellula* (Roindrano).

LISTE DES ABRÉVIATIONS

%	: Pourcentage
°C	: Degré Celsius
µs/cm	: Micro-siemens par centimètre
ANGAP	: Association National pour la Gestion des Aires Protégées
APG IV	: Angiosperm Phylogeny Group IV
CITES	: Convention of International Trade of Endangered Species (Convention sur le Commerce International des Espèces en Voie de Disparition)
cm	: Centimètre
CREAM	: Centre de Recherches, d'Études et d'Appui à l'Analyse économique à Madagascar
FAO	: Food and Agriculture Organization
g/L	: Gramme par litre
IU	: Indice d'Utilisation
kg	: Kilogramme
m	: Mètre
mm	: Millimètre
NaCl	: Chlorure de Sodium
<i>p</i>	: Probabilité
TG	: Taux de germination
USDA	: United States Departments of Agriculture
UICN	: Union Internationale pour la Conservation de la Nature
WWF	: World Wildlife Fund for Nature

GLOSSAIRE

- Albumen** : Tissus de réserve de la graine, utile au développement de l'embryon.
- Aridification** : Changement de climat graduel ou brutal conduisant à une situation d'aridité.
- Bipenné** : Se dit d'une feuille dont les folioles sont elles-mêmes pennées.
- Capitule** : Type d'inflorescence des fleurs composées. Il s'agit des fleurs sans pédoncule, regroupées sur un réceptacle.
- Corymbe** : Type d'inflorescence dont le sommet est aplati ou en dôme, avec des pédoncules partant sur des différents niveaux mais finissant tous à la même hauteur.
- Cosmopolite** : Espèce à large distribution.
- Cotylédons** : Feuilles insérées sur le premier nœud de l'embryon végétal des graines.
- Cutines** : Substances déposées dans les couches superficielles des plantes, provenant de la transformation de la membrane cellulosique et constitué par la cuticule ou épiderme.
- Diagramme ombrothermique** : Représentation graphique de la température et de la précipitation moyenne annuelle dans un lieu donné.
- Embryon** : Organisme au premier stade du développement.
- Epicotyle** : Partie de la jeune plantule en germination, située au-dessus de l'insertion des cotylédons.
- Espèce autochtone** : Se dit d'une espèce originaire ou naturalisée dans un endroit
- Espèce endémique** : Espèce localisée dans une aire restreinte.
- Espèce introduite** : Espèce qui n'est pas naturalisée dans un endroit, elle est importée par un intermédiaire, principalement l'homme.
- Espèce pantropicale** : Qualifie une espèce présente dans toutes les zones tropicales du globe.
- Exalbuminée** : Se dit des graines dont l'albumen est digéré par les cotylédons.
- Fleur pentamère** : Fleur dont les sépales et les pétales sont au nombre de cinq ou multiple de cinq.
- Fleur tétramère** : Fleur dont les sépales et les pétales sont au nombre de quatre ou multiple de quatre.
- Foliole** : Chaque division du limbe d'une feuille composée.

- Fourré** : Formation végétale qui ne présente pas des strates bien définies. Le fourré est caractérisé par des espèces arbustives et buissonnantes qui se ramifient dès la base.
- Fruits déhiscents** : Fruits qui s'ouvrent à maturité pour libérer les graines.
- Fruits indéhiscents** : Fruits qui ne s'ouvrent pas spontanément à la maturité.
- Gousse** : Fruit à péricarpe sec et déhiscents, qui s'ouvre généralement à maturité par deux fentes, ce qui partage le fruit en deux valves, dont chacun emporte avec elle une rangée des graines.
- Grappe** : Assemblage des fleurs (ou inflorescence) portés par des pédoncules étagés sur un axe commun.
- Gynécée** : Ensemble des organes femelles de la fleur.
- Halomorphe** : Se dit de l'ensemble des sols dont l'évolution et les propriétés sont affectées par la présence de sels.
- Hermaphrodite** : Fleur bisexuée, qui présente à la fois les structures reproductrices mâles (étamines) et femelles (ovaire et ovule).
- Hydrophobe** : Chose qui ne peut être pas mouillé par l'eau.
- Hypocotyle** : Partie de la jeune plantule en germination située à la base des cotylédons.
- Inflorescence** : Mode de regroupement des fleurs.
- Limbe** : Partie principale élargie et étalée de la feuille.
- Paripenné** : Qualifie une feuille composée dont le nombre de folioles est en nombre pair, la foliole terminale est dépourvue.
- Phytohormones** : Substances synthétisées par la plante, régulant sa croissance et son développement.
- Préoccupation mineure (LC)** : Classification selon l'IUCN. Les espèces dans cette catégorie sont largement répandues et abondantes. Ces espèces ne figurent pas encore dans la liste des espèces menacées.
- Régénération naturelle** : Ensemble des semis existant dans un peuplement végétal.
- Résilience écologique** : Capacité d'un écosystème ou d'une population végétale ou animale à maintenir ou à persister son fonctionnement face à une perturbation.
- Samare** : Type de fruit, sec et indéhiscents contenant une seule graine, muni d'une aile membraneuse, formée par le péricarpe.

- Semencier** : Arbre qui produit des semences ou des graines. Dans cette étude, les semenciers englobent les arbres désignés pour la collecte des graines utilisées.
- Stipule** : Appendice écailleux ou foliacé situé à la base d'un pétiole d'une feuille
- Symbiose** : Association obligatoire entre deux ou plusieurs organismes différents qui partagent entre eux des bénéfices réciproques.
- Tégument** : Enveloppe externe de la graine.
- Xérophile** : Se dit des espèces végétales ou animales qui vivent dans des milieux très pauvres en eau.

INTRODUCTION

Madagascar est connue pour sa richesse floristique, avec un niveau d'endémisme de 90 % (Phillipson et *al.*, 2006). Parmi les zones éco-floristiques, la région Atsimo-Andrefana présente une diversité exceptionnelle (WWF, 2021). La forêt y joue un rôle considérable dans la vie de la population. Elle est source de produits ligneux, utilisés principalement dans la construction et le bois d'énergie. De plus, nombreuses espèces forestières contribuent dans l'alimentation humaine et fourrage (Antsonantenainarivony, 2017) et constituent également une source de plantes médicinales (Gallé et *al.*, 2014).

En dépit de son importance, la végétation dans cette zone est soumise à des pressions anthropiques diverses, telles que la surexploitation, le charbonnage et la divagation des bétails. Cela réduit la biomasse ligneuse et modifie la composition floristique (Raoliarivelo et *al.*, 2010 ; Randriamalala et *al.*, 2016). De plus, le manque de précipitation ne permet pas la régénération naturelle de la forêt.

À l'égard de la dépendance de la population locale aux ressources forestières (Pote et *al.*, 2006), la production de jeunes plants est essentielle. Actuellement, les programmes de reboisement sont orientés vers la plantation des espèces introduites et la production d'espèces autochtones se fait de plus en plus rare. Cette étude s'intéresse sur six espèces de Fabaceae autochtones, communément utilisées par la population, mais connues par leur dormance tégumentaire (Willan, 1992).

Des méthodes artificielles ont été développées pour lever la dormance de graines (MacDonald et *al.*, 2002 ; Ahoton et *al.*, 2009 ; Missanjo et *al.*, 2013 ; Bello et Gada, 2015 ; Garba et *al.*, 2020 ; Yougouda et *al.*, 2020). Nombreuses recherches se sont orientées sur l'étude des facteurs internes comme le calibre des graines (Amonum et *al.*, 2020) et des facteurs externes comme la salinité de l'eau (Kheloufi, 2019), le stress hydrique (Samb et *al.*, 2015), les types de substrats (Gomes et *al.*, 2019) et la température (Costa et *al.*, 2018), ayant des effets directs ou indirects sur la germination de graines. Dans cette étude, quatre facteurs importants ont été choisis : prétraitements de graines, calibre de graines, salinité de l'eau et substrats afin de résoudre les obstacles à la germination induisant la faible régénération naturelle pour les six espèces cibles.

L'objectif global de cette étude est d'identifier les conditions optimales de la germination et de la croissance des plantules. Ceci étant dans l'optique d'assurer la production des jeunes plants pour les besoins de la population ainsi que pour la restauration forestière.

Les objectifs spécifiques consistent à :

- établir un test de prétraitement de graines avec de l'eau chaude, de l'eau froide, de la scarification manuelle et du témoin ;
- tester l'effet des calibres de graines et de la salinité sur la germination ;
- identifier le substrat favorable pour chaque espèce.

En effet, quatre hypothèses sont avancées :

- les prétraitements de graines augmentent le taux de germination ;
- le calibre de graines et la salinité influencent le taux de germination des graines ;
- Les substrats conditionnent la germination, la viabilité et la croissance des plantules.

Le présent mémoire comporte des généralités portant sur le milieu d'étude, les espèces cibles et la germination ; suivi des matériels et méthodes, des résultats et enfin une discussion.

I. GÉNÉRALITÉS

I.1. MILIEU D'ÉTUDE

I.1.1. Milieu abiotique

- **Localisation géographique**

L'étude a été réalisée dans le Campement de Recherche d'Andranovao Analaso (S 24,02658 ° ; E 43,73728 °), dans le Parc National de Tsimanampetsotsa, situé dans la Commune Rurale d'Efoetse, District de Toliara II et Région d'Atsimo-Andrefana (Figure 1). Ce Parc National se trouve environ 85 km (vol d'oiseau) au Sud de la ville de Toliara, avec une superficie totale de 202 083 ha (Rakotomalala, 2008). Il se situe entre 24° 03' et 24° 12' de la latitude Sud et 43° 46' et 43°50' de la longitude Est. L'altitude est comprise entre 38 à 114 m (ANGAP, 2001), avec une distance d'environ 7 km à l'Est du Canal de Mozambique.

- **Caractéristiques édaphiques**

La Région Atsimo-Andrefana est caractérisée par une vaste plaine sédimentaire (Morat, 1973). Cette zone se caractérise par une texture sableuse ou sablo-limoneuse. Elle est recouverte par une bande côtière constituée de dunes grés-sableux et du plateau calcaire (CREAM, 2013). Les sols ferrugineux et les sables roux sont rencontrés dans les zones de dépression. Un type de sol halomorphe est rencontré dans les zones aux alentours du lac salé de Tsimanampetsotsa (Battistini, 1964).

- **Hydrologie**

Le réseau hydrographique de la Région Atsimo-Andrefana est constitué principalement par deux grands cours d'eau permanents qui sont déversés vers le Canal de Mozambique, à savoir les fleuves Onilahy et Mangoky. Il existe d'autres cours d'eau temporaires tel que la rivière Manambo, Fiherenana et Linta. En outre, deux grands lacs existent dans cette région : le lac Ihotry et le lac Tsimanampetsotsa (CREAM, 2013). Sous les affleurements rocheux ou grottes sous les dalles calcaires se rencontrent de même des sources d'eau, comme la grotte de Vintane, de Mitoho et de Malazamanga dans le Parc National de Tsimanampetsotsa.



Source : Randrianarisoa, 2021
Figure 1 : Localisation de la zone d'étude.

- **Climat et période d'étude**

La zone d'étude est soumise à un type de climat subaride ou aride. Selon les données recueillies auprès de la station d'Andranovao entre 2015 à 2021 (Annexe I), la précipitation moyenne annuelle est de 216 mm. La méthode de Gaussen (1955) a été utilisée pour élaborer le diagramme ombrothermique (Figure 2). La saison écologiquement humide correspond aux deux (02) mois (janvier et février). La saison sèche s'étend de 10 mois, mars à décembre. L'étude a été réalisée de septembre à décembre 2021. La température moyenne annuelle est de 25,7 °C, avec un minimum de 14 °C (juillet) et un maximum de 37,5 °C (janvier).

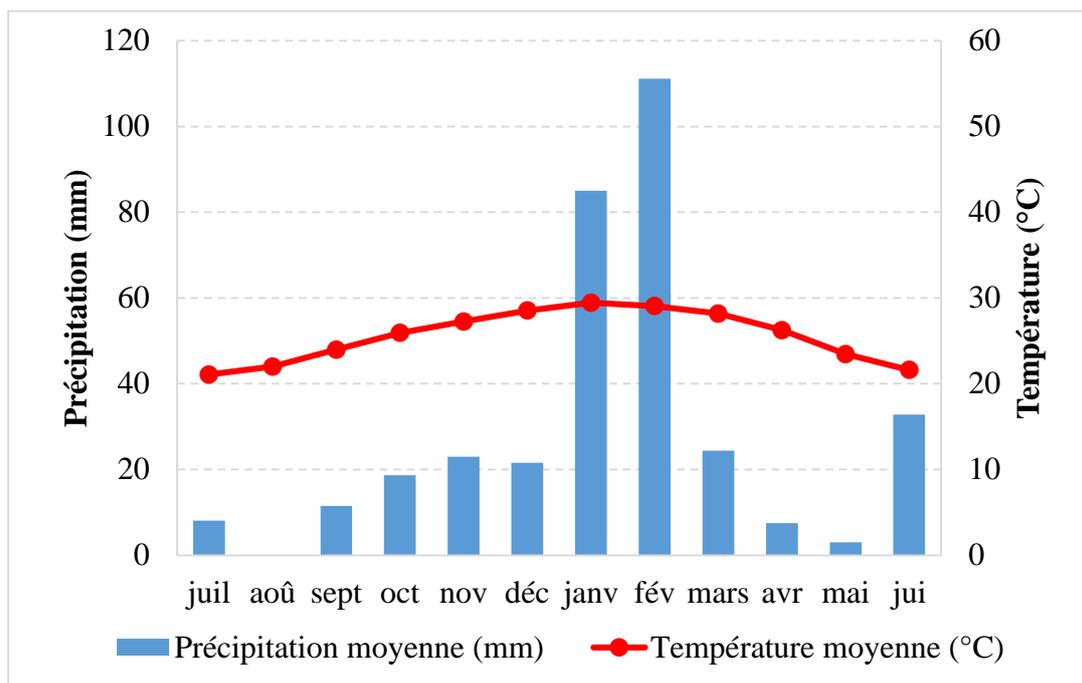
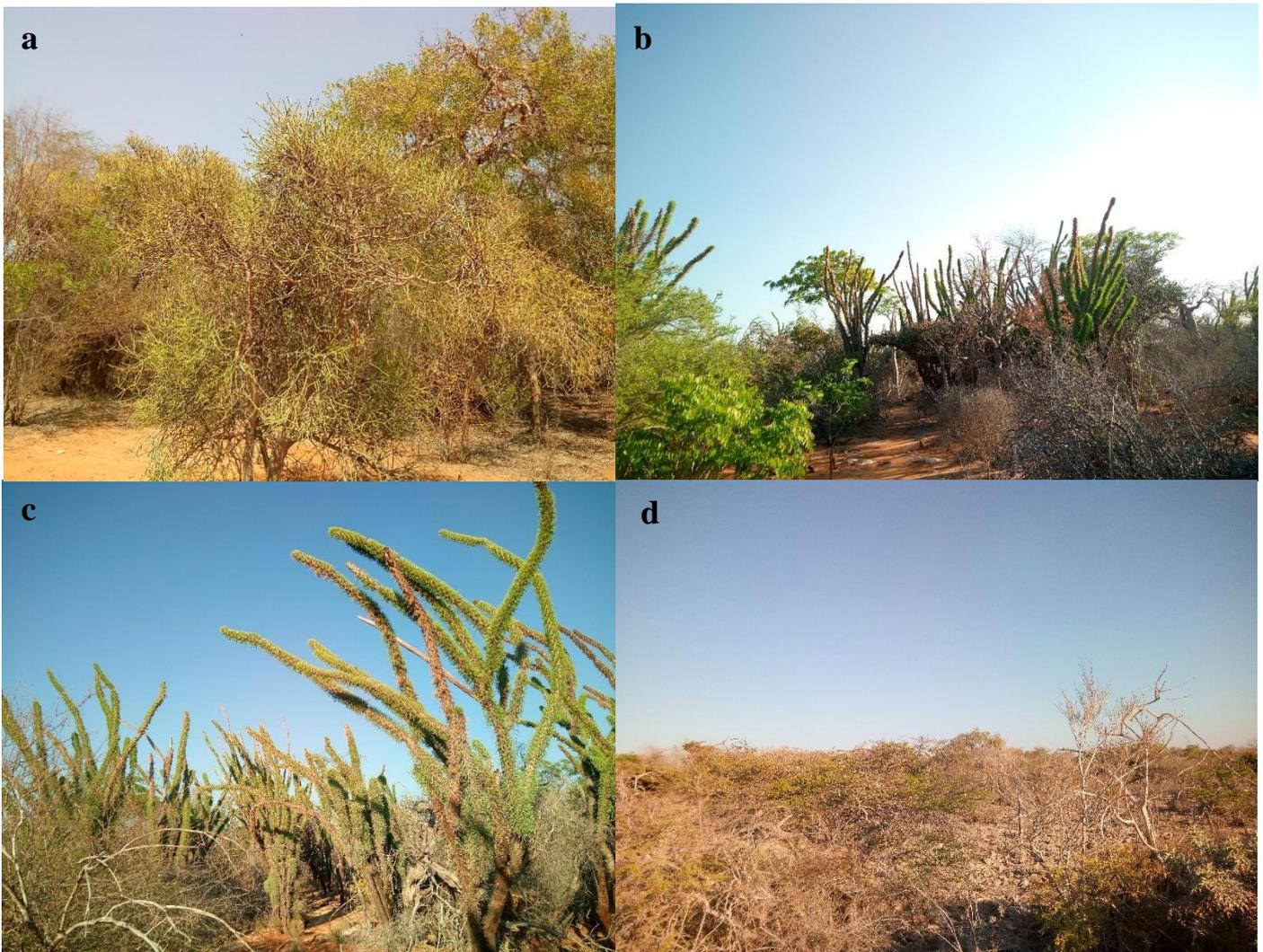


Figure 2 : Diagramme ombrothermique du Parc National de Tsimanampetsotsa pour des données enregistrées entre 2015 et 2021.

I.1.2. Milieux biotiques

- **Flore et Végétation**

Dans le domaine du Sud-Ouest, la végétation climacique est dominée par des fourrés xérophiles et des forêts sèches. Ces formations végétales sont dominées par les familles des Didieraceae et des Euphorbiaceae (Koechlin et *al.*, 1974). Le Parc National de Tsimanampetsotsa présente quatre groupements végétaux, à savoir les forêts sèches dégradées à *Didierea madagascariensis* et *Cedrelopsis grevei* (Figure 3a), les forêts sèches semi-ouvertes à *Didierea madagascariensis* et *Cedrelopsis grevei* (Figure 3b), les forêts sèches à *Erythrophysa aesculina* et *Didierea madagascariensis* (Figure 3c) et les fourrés xérophiles à *Alluaudia comosa* et *Senna meridionalis* (Figure 3d) (Ratovonamana, 2016).



Source : Randrianarisoa, 2021

Figure 3 : Différents groupements végétaux dans le Parc National de Tsimanampetsotsa : (a) forêt sèche dégradée à *Didierea madagascariensis* et *Cedrelopsis grevei*, (b) forêt sèche semi-ouverte à *Didierea madagascariensis* et *Cedrelopsis grevei*, (c) forêt sèche à *Erythrophysa aesculina* et *Didierea madagascariensis* et (d) fourré xérophile à *Alluaudia comosa* et *Senna meridionalis*.

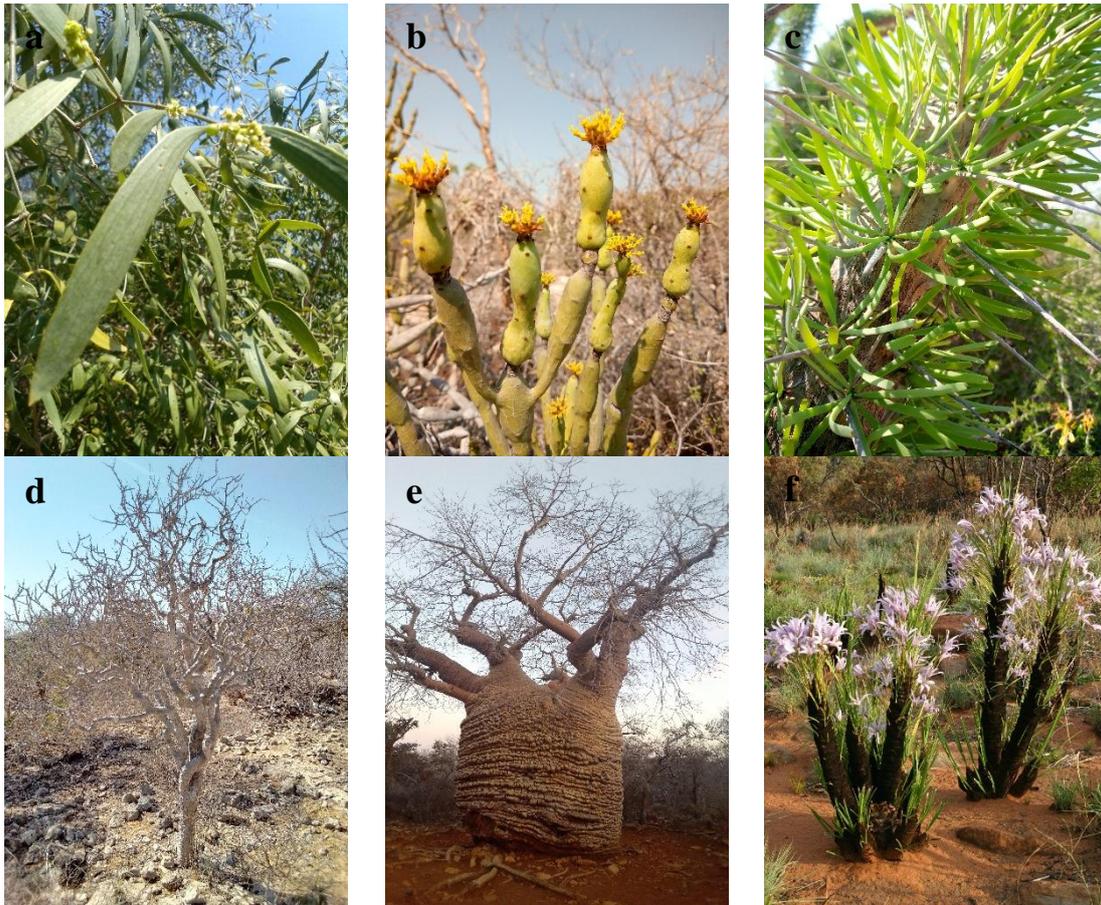
Formes d'adaptation des végétaux

Du fait du manque de précipitation et de sécheresse accrue, les végétaux ont recours à diverses formes d'adaptation pour minimiser l'évaporation d'eau (Figure 4). Trois formes sont distinguées au niveau des feuilles :

- durcissement de feuilles ou sclérophylle, comme les feuilles de *Salvadora angustifolia* (Salvadoraceae) (Figure 4a) ;
- absence de feuilles ou aphyllie, comme *Euphorbia onoclada* (Euphorbiaceae) (Figure 4b) ;
- réduction ou transformation de feuilles en épines (spinescence), comme celles de *Didierea madagascariensis* (Didieraceae) (Figure 4c) ;

- chute de feuilles pendant la saison sèche, comme *Commiphora monstrosa* (Burseraceae) (Figure 4d).

D'autres formes ont été observées au niveau du tronc qui se présente par un renflement (pachycaulie) dû à la réserve d'eau, c'est le cas de *Delonix floribunda* (Fabaceae) et d'*Adansonia rubrostipa* (Malvaceae) (Figure 4e). Certaines espèces se dessèchent totalement pendant la saison sèche, mais elles reprennent leur vie suite à l'arrivée de pluie d'où vient le nom « reviviscent », comme le cas de *Xerophyta tulearensis* (Velloziaceae) (Figure 4f).



Source : Randrianarisoa, 2021

Figure 4 : Illustration des différentes formes d'adaptation des végétaux dans le Parc National de Tsimanampetsotsa : (a) *Salvadora angustifolia*, (b) *Euphorbia onoclada*, (c) *Didierea madagascariensis*, (d) *Commiphora mahafaliensis*, (e) *Adansonia rubrostipa* et (f) *Xerophyta tulearensis*.

- **Faune**

Le Parc National de Tsimanampetsotsa abrite de nombreuses espèces animales, qui sont pour la plupart endémiques de la partie Sud et Sud-Ouest de Madagascar. Les micromammifères sont représentés par six (06) espèces et les lémuriens comprennent cinq (05) espèces : *Lemur catta*, *Lepilemur petteri*, *Microcebus griseorufus*, *Microcebus murinus* et *Propithecus verreauxi* (Eve et Pers, 2014). Trois (03) espèces de carnivores y existent :

Cryptoprocta ferox, *Felis sylvetris* et *Galidictis grandidieri* (Figure 5a). Les reptiles et les oiseaux sont très diversifiés dans cette zone, avec un total de 53 et 113 espèces respectivement (Raherilalao et Wilmé, 2008 ; Raselimanana, 2008). Deux espèces de tortues complètent la liste des reptiles : *Astrochelys radiata* (Figure 5b) et *Pyxis arachnoïdes*. Les amphibiens et les ichtyofaunes sont rares, représentés respectivement par quatre (04) (Raselimanana, 2008) et deux (02) espèces.



Source : Randrianarisoa, 2021

Figure 5 : Espèces emblématiques de la zone d'étude : (a) *Galidictis grandidieri* et (b) *Astrochelys radiata*.

I.1.3. Milieux humains

Trois ethnies constituent la population autour de la zone d'étude. La première est celle des « Tanalana », qui représentent la majorité de la population, vivent le long du littoral (Eve et Pers, 2014). La deuxième ethnie est celle des « Mahafaly », est cantonnée dans la partie Est du Parc. La culture du manioc, de patate douce, de maïs, de sorgho et des légumineuses ainsi que l'élevage bovin, caprin et de volailles constituent les principales activités de ces deux ethnies. L'activité secondaire consiste à la pêche, au commerce des produits forestiers comme le charbon, les bois de construction et la chasse des animaux sauvages (Rabemirindra, 2015). La troisième ethnie est celle des « Vezo », qui sont des pêcheurs et occupent le bord de la mer (Eve et Pers, 2014).

I.2. GÉNÉRALITÉS ET IMPORTANCE DE LA FAMILLE DES FABACEAE

La famille des Fabaceae, connue sous le nom de « légumineuses » est la plus diversifiée dans le monde végétal après les Orchidaceae et les Asteraceae. Elle compte environ 19 400 espèces, réparties dans 730 genres (Wojciechowski et al., 2004). Cette famille regroupe des espèces d'arbres, d'arbustes, des lianes et des herbacées distribuées principalement dans les régions tropicales. À Madagascar, les Fabaceae représentent la famille la plus diversifiée de la flore, avec 667 espèces (Du Puy et al., 2001). Ces espèces se répartissent dans toutes les

formations végétales mais exceptionnellement diversifiées dans la partie Sud et Ouest de la Grande île (Du Puy et *al.*, 2001).

I.2.1. Importances écologiques

Les espèces de Fabaceae contribuent dans l'amélioration de la fertilité du sol en matière d'azote suite à leur association symbiotique avec les bactéries du genre *Rhizobium*. Ces bactéries sont capables de fixer l'azote atmosphérique (N₂) et le transformer en nitrate (NO₃⁻) pour la plante mère (Du Puy et *al.*, 2001). Les espèces de Fabaceae sont caractérisées par une croissance rapide, c'est le cas des *Acacia* comme *A. albida*, *A. auriculiformis* et *A. mangium*. (Krisnawati et *al.*, 2011 ; Kaboneka et *al.*, 2020). De plus, leur biomasse foliaire généralement verte toute l'année contribue à la séquestration de carbone et fournit un ombrage pour les autres espèces.

I.2.2. Importances économiques

Sur le plan économique, de nombreuses espèces de légumineuses figurent parmi les plantes consommées par l'homme, comme le haricot (*Phaseolus vulgaris*) et le soja (*Glycine max*). Certaines espèces sont utilisées dans la lutte contre de l'insécurité alimentaire durant la période de sécheresse dans la partie Sud de Madagascar, comme les graines de *Delonix floribunda* (Du Puy, 2001) et les fruits de *Tamarindus indica* (Ranaivoson et *al.*, 2015). Nombreuses espèces sont classées comme bois précieux, comme *Dalbergia* spp. (Du Puy, 2001).

I.2.3. Autres utilisations

Certaines espèces de Fabaceae sont utilisées en plantes ornementales, comme les espèces de flamboyant telles que *Delonix regia* et *D. floribunda*. La famille des Fabaceae présente une importance culturelle et médicinale, avec un nombre total de 279 espèces médicinales (Rafidison et *al.*, 2019). Comme exemple, le genre *Albizia*, qui possèdent des propriétés antimicrobiennes (Randriamanantsoa et *al.*, 2020) et antioxydantes (Chipti et *al.*, 2013).

I.3. CHOIX DES ESPÈCES

Les critères de choix des espèces cibles de l'étude ont été fixés à la suite des interviews auprès d'informateurs comprenant les agents du parc, les paraécologistes et les membres de communauté locale. Les espèces communément utilisées en tant que bois de construction, bois d'énergie, plantes médicinales, plantes fourragères et ayant une disponibilité de graines ont été sélectionnées pour une étude d'amélioration de la germination. À cet effet, six espèces qui répondent à ces critères établis ont été retenues : *Albizia mahalao* (Balabake), *Albizia*

tulearensis (Mendorave), *Delonix floribunda* (Fengoky), *Tamarindus indica* (Kily), *Tetrapterocarpon geayi* (Vaovy) et *Vachellia bellula* (Roindrano),

I.3.1. Description des espèces cibles

La position systématique de la famille Fabaceae est donnée comme suit (APG IV, 2016) :

Règne	: VÉGÉTAL
Embranchement	: SPERMAPHYTES
Sous-Embranchement	: ANGIOSPERMES
Classes	: DICOTYLEDONES
Ordre	: FABALES
Famille	: FABACEAE

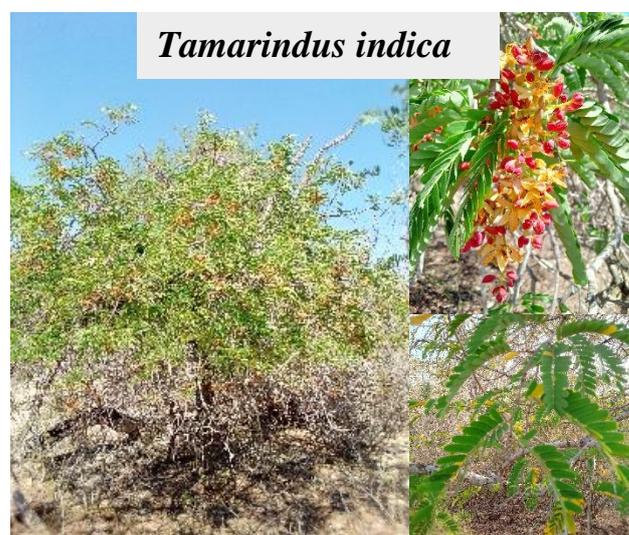
Les feuilles des légumineuses sont composées pennées ou bipennées ou trifoliées et généralement stipulées. Leur gynécée est libre et supère. Leurs racines portent des nodules formés par des bactéries fixatrices d'Azote. Cette famille se caractérise par des fruits en gousse.

Pour les six espèces, les feuilles sont toutes composées bipennées et paripennées. Ce sont toutes des arbres, pouvant atteindre jusqu'à 7 à 15 m. La description morphologique est résumée dans le Tableau 1 et les illustrations sont présentées par la Figure 6.

Tableau 1 : Clés de détermination des six espèces cibles.

Espèces	Hauteur (m)	Feuilles			Fleurs	Fruits
		Types	Disposition	Folioles (paires)		
<i>Albizia mahalao</i>	7 à 10	Composées bipennées et paripennées	Opposée distique	12 à 14	Capitule, pentamère, pétale violet	Gousse déhiscente
<i>Albizia tulearensis</i>	10 à 15	Composées bipennées et paripennées	Opposée distique	4	Capitule, pentamère, pétale blanc	Gousse indéhiscente
<i>Delonix floribunda</i>	10 à 15	Composées bipennées et paripennées	Opposée distique	7 à 8	Corymbe, pentamère, pétale jaune	Gousse déhiscente
<i>Tamarindus indica</i>	10 à 15	Composées bipennées et paripennées	Opposée distique	10 à 20	Grappe, pentamère, pétale doré	Gousse indéhiscente
<i>Tetrapterocarpon geayi</i>	10 à 15	Composées bipennées et paripennées	Opposée distique	6 à 8	Panicule, tétramère, pétale jaune	Samare
<i>Vachellia bellula</i>	2 à 11	Composées bipennées et paripennées	Alterne	4 à 10	Capitule, pentamère, pétale blanc	Gousse déhiscente

Source : Capuron, 1957 ; Schatz, 2001



Source : Randrianarisoa, 2021
Figure 6 : Illustrations des caractéristiques morphologiques des six espèces cibles.

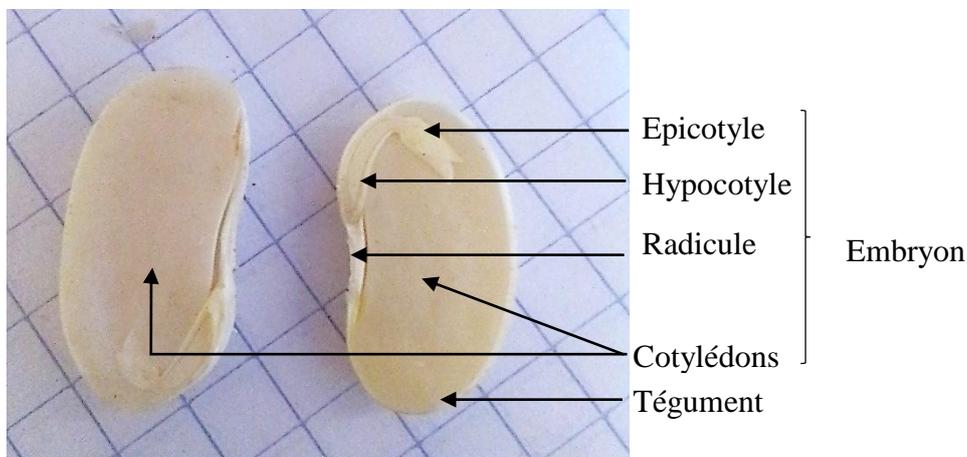
I.3.2. Endémicité et statut de conservation

Parmi les six espèces, cinq sont endémiques de Madagascar : *Albizia mahalao*, *Albizia tulearensis*, *Delonix floribunda*, *Tetrapterocarpon geayi* et *Vachellia bellula*. Seule *Tamarindus indica* est pantropicale. Concernant le statut de conservation, les cinq espèces citées précédemment figurent dans la liste des plantes à préoccupation mineure ou Least concern (LC) (UICN, 2022). *Tamarindus indica* est catégorisée parmi les espèces dont les données pour l'évaluation sont insuffisantes ou Data Deficient (DD). Les six espèces cibles ne figurent parmi les espèces faisant l'objet de commerce important et les listes des annexes CITES.

I.4. GERMINATION

I.4.1. Graine

Chez les Angiospermes, la graine provenant de la transformation d'un ovule fécondé est un véritable organisme indépendant, capable de produire un nouvel individu (Vallée et *al.*, 1991). Elle est constituée par trois éléments : un embryon, des tissus de réserves ou albumen et une enveloppe protectrice ou tégument (Côme, 1992). Les graines de ce type sont dites albuminées, par exemple les graines d'*Oryza sativa*. Les graines où l'albumen est stocké dans les cotylédons sont appelées « graines exalbuminées », comme *Phaseolus vulgaris* (Figure 7).



Source : Randrianarisoa, 2021

Figure 7 : Coupe longitudinale d'une graine de *Phaseolus vulgaris*.

Il existe deux types de graines : orthodoxes et récalcitrantes. La première peut tolérer la déshydratation jusqu'à des taux d'humidité de 10 à 15 % du poids frais et supporte souvent les basses températures avec de longue durée de conservation. Par contre, les graines récalcitrantes se caractérisent par une viabilité courte, teneur en eau varie de 20 à 50 % du poids frais et incapables de supporter de basses températures (Rao et *al.*, 2006).

I.4.2. Dormance

- **Rôle et types de dormance**

Dans certains cas où les conditions sont favorables, la dormance empêche la germination de graines (Foley, 2001). La dormance a comme rôle de conserver à long terme la viabilité des graines. Il existe trois types de dormance selon leur origine : la dormance tégumentaire ou exogène, la dormance embryonnaire ou endogène et la combinaison de ces deux formes (Willan, 1992). Il est à noter qu'une graine sans période de dormance germe facilement si les conditions environnementales sont réunies. Par contre, la graine en dormance entre dans un état de vie latente au moment où les conditions sont défavorables.

- **Levée de dormance**

Dans la nature, la levée de dormance des graines se fait par des interactions entre l'environnement et des facteurs internes. La levée de dormance tégumentaire se fait soit par l'alternance de la saison sèche et de la saison des pluies ou soit par l'alternance du froid et de la chaleur. La dormance embryonnaire est éliminée par l'action du froid hivernal (Heller et *al.*, 1990).

Des méthodes artificielles ont été développées pour améliorer la germination, à savoir la scarification et la stratification des graines. La scarification s'effectue soit par traitement avec l'eau chaude ou froide, soit par scarification manuelle ou chimique des téguments. La stratification consiste à disposer les graines dans une température inférieure à 5 °C et humide.

I.4.3. Principe de la germination

- **Définition**

La germination est une étape essentielle dans la vie des végétaux. C'est le moyen principal de reproduction permettant d'assurer la régénération d'une espèce. Elle conditionne l'établissement de plantule, son développement ainsi que son productivité (Tremblin et Binet, 1984). Par définition, elle correspond à la reprise de la vie active d'un végétal après une période de vie latente (Camefort et Boue, 1979). La germination se fait en cinq étapes, elle commence par l'accélération de la respiration cellulaire suivant l'imbibition d'eau, suivi de l'expansion de l'embryon (Bewley, 1997), de l'émergence de la radicule et enfin le développement de la tige et des feuilles (Kucera et *al.*, 2005).

La germination se distingue en deux types : la germination épigée dans laquelle les cotylédons sont soulevés par l'hypocotyle (Figure 8a) et la germination hypogée où les cotylédons restent au niveau de la graine (Figure 8b) (Bacchetta et *al.*, 2006).



Source : Randrianarisoa, 2021

Figure 8 : Types de germination : (a) épigée (*Tamarindus indica*) et (b) hypogée (*Prunus persica*).

- **Condition de germination**

La germination est conditionnée par des facteurs internes, externes et hormonaux (Côme, 1993). La disponibilité de l'eau, le taux d'oxygène dissous en quantité suffisante, la compatibilité de la température et de la lumière représentent les facteurs externes qui sont étroitement liés à la germination. Les facteurs internes tels que son niveau de développement, sa maturité, sa taille, son génome, son âge et la nature de ses téguments présentent une influence sur la germination. La germination est contrôlée par des phytohormones, telles que les gibbérellines et les cytokinines, qui interviennent dans la levée de dormance et stimulent le développement de l'embryon (Kucera et *al.*, 2005 ; Mougali, 2015).

II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

II.1. COLLECTE DE DONNÉES

II.1.1. Enquête ethnobotanique

Le but de cette enquête est d'identifier les principales utilisations des six espèces cibles qui justifient les efforts pour améliorer la production de ces espèces. Pour ce faire, des enquêtes ont été menées sur 50 personnes résidant à Efoetse et Marofijery qui sont des Fokontany environnant du Parc National de Tsimanampetsotsa. L'interview a été basée sur un questionnaire préalablement établi, axé surtout sur les principaux intérêts des espèces en question sur le plan médicinal, alimentaire, bois de chauffage, bois de construction et autres (Annexe II).

II.1.2. Collecte et préparation des graines

Les graines utilisées ont été collectées entre le mois de septembre et le mois d'octobre 2021 dans le Parc National de Tsimanampetsotsa. Les semenciers sains, qui ne présentent aucune trace de coupure, d'enlèvement des écorces et de senescence des feuilles et ayant une disponibilité de graines ont été choisis pour la collecte de graines. Au maximum, 2/3 des graines disponibles ont été collectées. La récolte a été faite en secouant les semenciers au moyen d'une gaule, puis les fruits tombés ont été ramassés (Figure ab). Dix semenciers par espèce ont été choisis. Les fruits ont été mis dans des sacs en papier. Pour chaque espèce, des herbiers ont été collectés pour être identifiés aux herbaria du Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza. Les graines ont été débarrassées de leurs gousses et triées manuellement puis séchées au soleil pendant 24 heures. Celles présentant des traces de dégradation par des insectes ou des champignons ont été éliminées.



Source : Randrianarisoa, 2021

Figure 9 : Collecte de graines : (a) gousses d'*Albizia mahalao* et (b) gousses d'*Albizia tullearensis*.

II.1.3. Caractérisation des graines

La caractérisation des graines a été effectuée en considérant la morphologie. Les caractéristiques morphologiques, comprenant la forme, la couleur et la position de l'embryon ont été examinées visuellement. Pour l'analyse morphométrique, 30 échantillons de graines par espèce ont été choisis au hasard dans chaque lot de graines. Le poids individuel moyen de graines a été mesuré à l'aide d'une balance de marque Nohlex, avec une précision de 0,01 g (Figure 10a). Un pied à coulisse digital avec une précision 0,10 mm a été utilisé pour mesurer la longueur, la largeur et l'épaisseur de graines (Figure 10b).



Source : Randrianarisoa, 2021

Figure 10 : Mensuration des graines : (a) pesage avec une balance de précision et (b) mesure de la longueur, de la largeur et de l'épaisseur d'une graine avec un pied-à-coulisse.

II.1.4. Essai de germination

a. Facteurs étudiés

Quatre facteurs ont été étudiés à savoir les prétraitements de graines avec de l'eau chaude, de l'eau froide, la scarification manuelle et le témoin ; les calibres de graines ; la salinité de l'eau et les types de substrats. Les trois (03) premiers facteurs ont été réalisés pour évaluer leur effet uniquement sur la germination. Par contre, le dernier facteur a été testé pour examiner leurs effets à la fois sur la germination et sur la croissance des plantules. Chaque facteur a été testé un par un pour évaluer leur effet.

Il est à noter que pour *Tamarindus indica*, le test lié à la salinité n'a pu être réalisé à cause l'insuffisance des graines due à la mauvaise saison. De plus, leur fruit est consommé prématuré par les animaux comme *Lemur catta*.

- **Prétraitement de graines**

Dans le but d'éliminer les différentes formes de dormance et d'améliorer la germination des graines, des prétraitements ont été réalisés. Quatre modalités de prétraitements de graines ont été testées :

- ✓ le témoin où les graines sont directement semées dans des tubes à essai remplis du sable et arrosées avec de l'eau du puits.
- ✓ la scarification manuelle, qui consiste à frotter minutieusement le côté opposé de l'embryon de la graine à l'aide d'un papier abrasif jusqu'à ce qu'une petite trace est observée dans le tégument externe de la graine ;
- ✓ le trempage des graines avec de l'eau du robinet, provenant de la station de désalinisation des eaux à Efoetse pendant 24 heures ;
- ✓ le trempage des graines avec de l'eau chaude à 40 °C pour une durée de 5 minutes ;

Ces prétraitements ont été choisis, car ils sont faciles à faire, non coûteux, directement applicables et efficaces pour lever la dormance de nombreuses espèces de Fabaceae (Ahoton et *al.*, 2009 ; Missanjo et *al.*, 2013 ; Garba et *al.*, 2020 ; Yougouda et *al.*, 2020).

- **Calibre ou taille de graines**

Un test de germination en fonction des calibres des graines a été effectué. Pour ce faire, les graines ont été classées en trois catégories en fonction de leur dimension : petit, moyen et gros calibre. Le triage a été fait à l'aide d'une balance de précision. Après cela, les graines ont été soumises à l'un des prétraitements le plus approprié, avant la mise en germination.

- **Salinité**

- **Analyse de la qualité de l'eau**

Une analyse de la qualité de l'eau consacrée pour l'arrosage des jeunes plants a été effectuée. Il s'agit de l'eau désalinisée ou eau non salée, récupérée auprès de la Station de Désalinisation à Efoetse et de l'eau du puits, auprès du site d'expérimentation. Deux paramètres ont été relevés, sous une température 25 °C : le potentiel hydrogène (pH), qui informe l'acidité ou la basicité de l'eau, mesurée avec un pH-mètre et la conductivité électrique, qui informe la teneur en ions et mesurée à l'aide d'un conductimètre. Le tableau de Rodier (1996) a été utilisé pour classer la qualité de l'eau (Annexe III).

- **Test de germination**

Un test de germination en relation avec la salinité a été fait afin de mesurer la tolérance de chaque espèce au sel. Les graines utilisées dans ce test ont été soumises à l'une des modalités de prétraitement la plus efficace pour mieux évaluer l'effet de la salinité sur la germination.

Cinq doses croissantes du NaCl ont été testées et comparées avec un témoin (eau désalinisée) : 2, 4, 6, 8 et 10 g/L qui correspond à la concentration en sel de l'eau saumâtre ou intermédiaire entre l'eau douce et l'eau de mer (Futura-Sciences, 2022). Après 30 jours, les graines non germées traitées avec la dose 10 g/L NaCl ont été transférées dans un nouveau support et arrosées avec de l'eau désalinisée afin d'évaluer la réversibilité de l'effet du sel sur la germination.

- **Étude des substrats**

- **Collecte des échantillons**

Les trois types de sols existant dans la zone d'étude, à savoir les sols sableux, les sols ferrugineux et les sols calcaires ont été analysés. Ces substrats ont été choisis car ils représentent les substrats favorables pour les six espèces étudiées. L'échantillonnage a été effectué au hasard, dans une zone jugée homogène et la plus représentative. Du fait de la structure du sol peu profond à cause de la dalle calcaire, les prélèvements ont été effectués uniquement sur la couche superficielle de 0 à 10 cm. Dix prélèvements par types de sol ont été effectués.

- **Analyse physique**

L'objectif de cette analyse est de déterminer les particules constitutives d'un sol afin d'évaluer sa capacité à mobiliser et à fournir des éléments minéraux pour les végétaux. Les échantillons ont été tamisés dans une maille d'environ 2 mm. Dix répétitions de 100 g par type du sol ont été conservées dans des tubes à essai en ajoutant de l'eau, puis agitées manuellement pendant 2 minutes pour séparer les différents éléments. Les tubes ont été ensuite placés à l'ombre pendant 24 heures. Les différentes couches ont été mesurées avec un mètre ruban. Le triangle textural de l'USDA a été utilisé afin d'exprimer les résultats de cette analyse (Annexe IV).

- **Test de germination**

Les trois types de substrats susmentionnés ont fait l'objet d'un test de germination afin d'identifier lesquels sont propices à la germination et à la croissance des jeunes plants. Les points d'échantillonnage ont été les mêmes que pour l'analyse précédente. Un mélange de ces trois types de substrats a été préparé avec une proportion de 1/3 pour chacun des trois substrats.

- b. Mise en culture**

La culture a été effectuée sous une ombrière en filet placée à une hauteur de 2 m, avec un taux de filtrage de 70 % (Figure 11). Cette ombrière a été choisie, car elle permet de réduire à la fois la température, le taux d'insolation et pour limiter l'évaporation d'eau.



Source : Randrianarisoa, 2021

Figure 11 : Pépinière d'Andranovao montrant le dispositif expérimental avec un ombrage à 70 % et les jeunes plants.

- **Culture en tube**

Les tests liés aux prétraitements de graines, aux calibres de graines et à la salinité de l'eau ont été réalisés dans des tubes à essai (Figure 12). Ces dispositifs ont été choisis pour repérer la sortie de la radicule hors de la graine. Les traitements comprennent 60 graines chacun. La dimension des tubes utilisés a été choisie en fonction du calibre de graines. Cinq graines par tube ont été semées dans un support constitué de sable. Ce support a été choisi pour la propreté pour mieux repérer la radicule. Les graines ont été arrangées verticalement de façon à distinguer leur évolution. L'arrosage a eu lieu quotidiennement à partir de 16 heures. Pour le test salinité, l'arrosage a été effectué avec les concentrations de NaCl correspondantes.



Source : Randrianarisoa, 2021

Figure 12 : Expérience en tubes.

- **Culture en pots**

Après avoir subi un prétraitement adéquat, 240 graines par espèce, subdivisées en 60 graines par modalité, ont été semées dans des gaines en polyéthylène (Figure 13a). Cette méthode correspond au test de germination lié au substrat. Pour faciliter le suivi, les pots ont été arrangés par traitement et par espèce. Le substrat a été arrosé abondamment 2 heures avant le semis. L'arrosage a été réalisé quotidiennement avec de l'eau du puits (Figure 13b). Une graine par pot a été semée à une profondeur entre 1 à 2 cm.

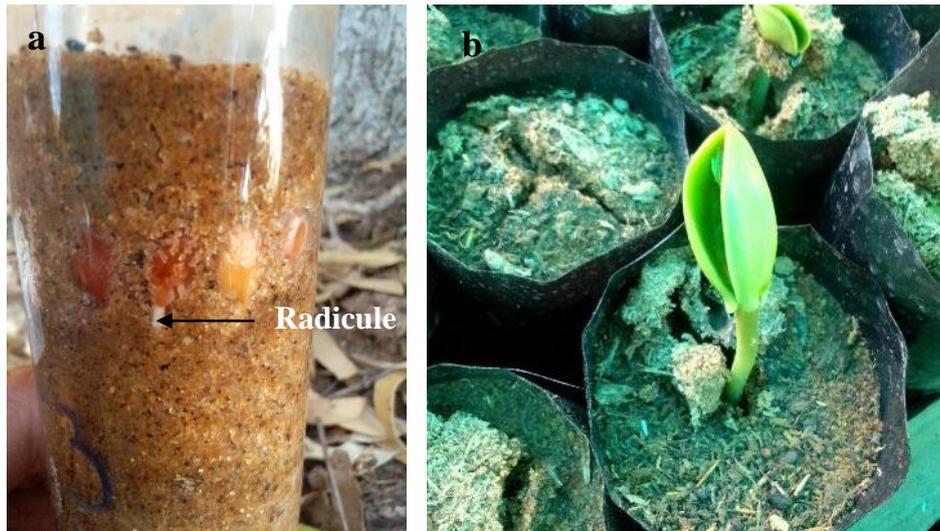


Source : Randrianarisoa, 2021

Figure 13 : Semis et entretien des plantules : (a) semis direct et (b) arrosage des plantules.

II.1.5. Paramètres de germination

Le comptage des graines germées a été réalisé à partir du 1^{er} jour jusqu' au 30^e jour après semis. Pour les tests réalisés en tube, une graine a été comptée comme germée quand la racine a percé le tégument (Figure 14a). Pour le test effectué en pots, une graine a été considérée comme germée quand les deux feuilles cotylédonaires apparaissent (Figure 14b). Les données ont été relevées dans une fiche préétablie (Annexe V).



Source : Randrianarisoa, 2021

Figure 14 : Aperçu de la germination : (a) graine germée de *Vachellia bellula* et (b) de *Delonix floribunda*.

II.1.6. Paramètres de croissance

Afin d'évaluer la vigueur et la croissance des jeunes plants suivant les substrats, des mesures ont été faites dans trois périodes : 20, 40 et 60 jours après semis. Toutes les plantules dans chaque type du sol ont été retenues pour la mensuration. Les données ont été rassemblées dans une fiche préétablie qui est présentée en Annexe VI.

Deux indicateurs de croissance ont été relevés : la hauteur du bourgeon terminal par rapport au sol (Figure 15a) et le nombre de feuilles (Figure 15b). Le nombre total des plantules viables a été également enregistré durant les trois périodes d'observation.



Source : Randrianarisoa, 2021

Figure 15 : Mesure des paramètres de germination : (a) hauteur de *Delonix floribunda* et (b) feuille de *Vachellia bellula*.

II.2. ANALYSES ET TRAITEMENTS DES DONNÉES

II.2.1. Analyse des données d'enquête

Indice d'utilisation des espèces : cet indice permet d'évaluer la connaissance et l'utilisation d'une espèce par les informateurs. Il informe sur le niveau d'importance de chaque espèce. Il est calculé par la formule suivante (Phillips et Gentry, 1993) :

$$\text{IU (\%)} = (\text{Npu} / \text{Npe}) * 100$$

Avec **IU** : Indice d'utilisation ; **Npu** : Nombre de personnes qui précisent l'utilisation ;
Npe : Nombre total des personnes enquêtées.

Si IU :

- 60 à 100 % : la plante est très connue et très utilisée ;
- 30 à 60 % : la plante est moyennement connue et moyennement utilisée ;
- inférieur à 30 % : l'espèce est peu connue et peu utilisée.

II.2.2. Analyses des données de germination

- **Taux de germination (TG)** : permet d'évaluer le potentiel de germination des graines de chaque espèce étudiée. Il se définit par le quotient du nombre de graines germées sur le nombre total de graines semées. Il s'exprime en pourcentage, sa formule est comme suit (Côme, 1970) :

$$\text{TG (\%)} = \frac{n}{N} * 100$$

n : nombre de graines germées ; **N** : nombre total de graines semées par traitement

- **Première germination** : correspond au nombre de jours où la germination des graines se commence.
- **Durée de germination** : représente le nombre de jours ou le temps de la manifestation de germination, qui commence dès la première jusqu'à la dernière germination.

II.2.3. Analyse de données de croissance

Pour calculer le taux de viabilité des plantules par modalité de traitement, le nombre total des plantules dans une période d'observation a été divisé par le nombre total des graines semées. Pour chaque observation, la croissance en hauteur et la vitesse d'apparition des feuilles par modalité ont été calculées afin d'évaluer la moyenne et l'écart-type.

II.2.4. Analyses statistiques

Les données sur les fiches de collecte ont été saisies et ordonnées par date dans une feuille de calcul Excel. Avant le test statistique, les données en pourcentage, notamment les taux de

germination ont été soumis en une transformation angulaire ou arc sinus, car ces données ne suivent pas la loi de normalité du test statistique (Costa et *al.*, 2018):

$$\text{TG transformé} = \text{ASIN} (\text{TG}/100) ^{(1/2)}$$

ASIN : Arcsinus ; **TG** : Taux de germination.

Avant le test statistique, un test de normalité a été effectué afin d'évaluer la distribution des données, en utilisant le test « shapiro.test » (Shapiro et Wilk, 1965).

L'analyse a été faite avec un Test non paramétrique car toutes les données sont à distribution anormales ($p < 0,05$). Le Test Kruskal-wallis (1952) a été utilisé afin de comparer les taux de germination, la croissance en hauteur et l'apparition des feuilles des plantules en fonction des modalités de traitements. Lorsque $p < 0,05$, un test *post-hoc* a été réalisé pour évaluer la différence entre les modalités testées, en utilisant la comparaison deux à deux de Man-Whitney (Mann et *al.*, 1947).

La différence entre les modalités de traitements est indiquée par la probabilité de ces tests. Toutes les analyses ont été réalisées avec le logiciel RStudio version 1.1.463. Les taux de germination et les paramètres de croissance (hauteur et nombre de feuilles) ont été traités avec ce même logiciel.

Deux hypothèses ont été émises. Si :

- $p \geq 0,05$: l'hypothèse nulle (H0) est acceptée, la différence entre les traitements est non significative ;
- $p < 0,05$: l'hypothèse alternative (H1) est retenue, la différence entre les traitements est significative.

III. RÉSULTATS

III.1. ENQUÊTE ETHNOBOTANIQUE

Les six espèces sont très connues et très utilisées par la population. En effet, l'indice d'utilisation varie de 60 à 100 %. Les principales utilisations de ces espèces peuvent être divisées en cinq (05) catégories : bois de chauffage, bois de construction, plante médicinale, fourrage et cosmétique (Figure 16). *Albizia tulearensis* et *Tetrapterocarpon geayi* sont les plus utilisées en tant que bois de construction, avec un indice d'utilisation (IU) respectif de 96 et de 88 %. Les graines de *Delonix floribunda* et les fruits de *Tamarindus indica* contribuent dans l'alimentation humaine (IU 86 et 90 %). Les quatre espèces connaissent une propriété thérapeutique. Les feuilles de *Tamarindus indica* sont utilisées pour soigner la fièvre et les maladies oculaires, la poudre des racines de *Tetrapterocarpon geayi* pour les maladies bucco dentaires et la résine de *Delonix floribunda* est employée en cas de fracture des os.

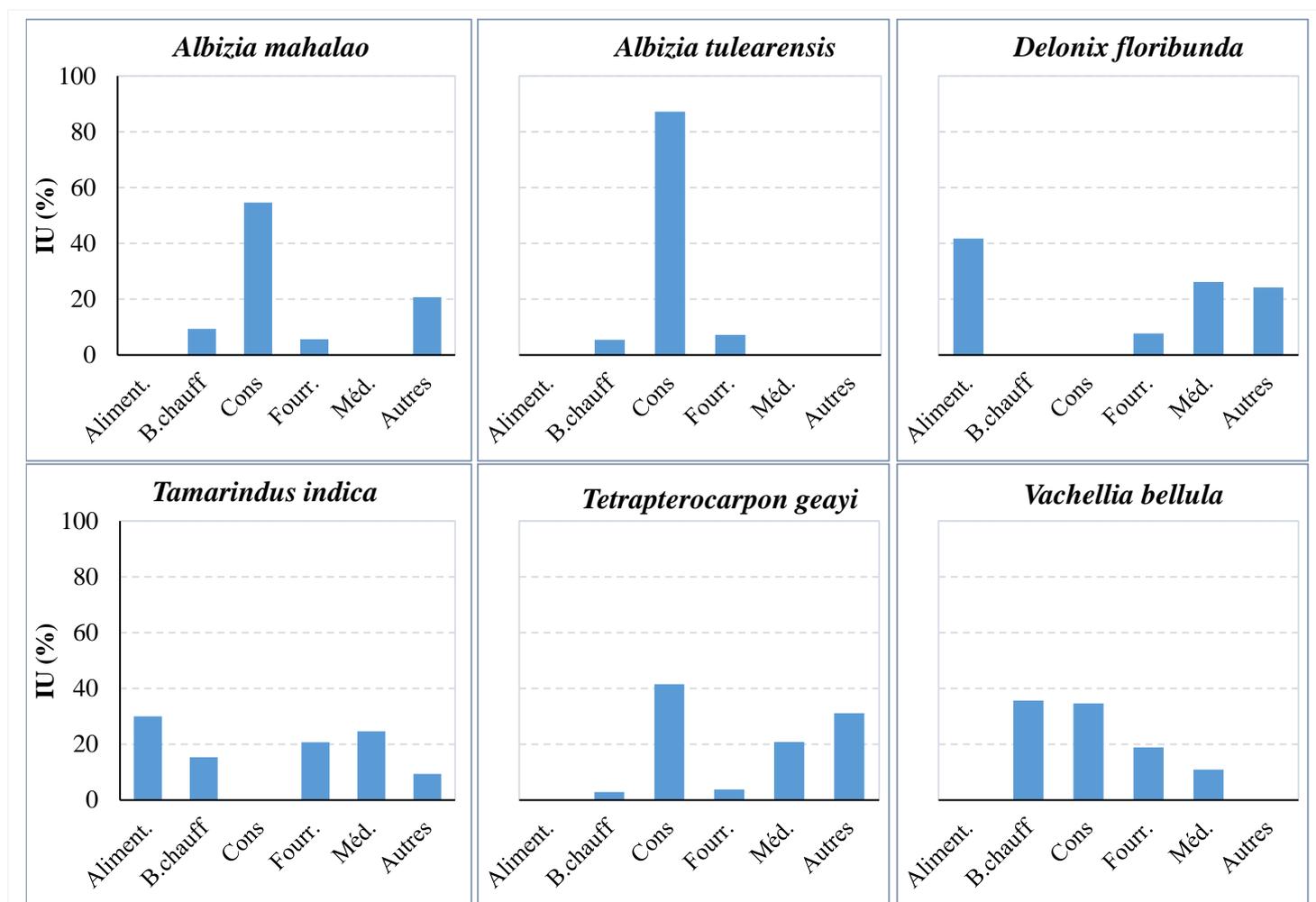


Figure 16: Indice d'utilisation des six espèces cibles. (n = 50)

Aliment. : Alimentation ; **B.chauff.** : Bois de chauffage ; **Cons.** : Construction ; **Fourr.** : Fourrage ; **Méd.** : Médicinale

III.2. CARACTÉRISTIQUES DES GRAINES

Les six espèces peuvent être classées en trois (03) catégories en fonction de la dimension et du nombre de graines par kilogramme. *Delonix floribunda* et *Tamarindus indica* ont les plus grosses graines dont 1 000 à 1 200 graines/kg. Les plus petites graines appartiennent à *Albizia mahalao*, *Tetrapterocarpon geayi* et *Vachellia bellula*, ayant un nombre plus de 10 000 graines/kg. Pour l'ensemble des espèces, la germination est de type épigé où les cotylédons sont soulevés par l'hypocotyle. Le Tableau 2 résume les caractéristiques morphologiques des graines tandis que les illustrations sont présentées par la Figure 17.

Tableau 2 : Caractéristiques morphologiques des graines de six espèces.

Espèces	Position de l'embryon	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Épaisseur (mm)	Poids moyen (g)	Nombre /kg
<i>Albizia mahalao</i>	Extrémité	8,4 ± 0,5	4,7 ± 0,2	1,7 ± 0,1	0,1±0	15 314
<i>Albizia tulearensis</i>	Extrémité	9,6 ± 0,5	8,6 ± 0,5	1,8 ± 0,1	0,1±0	9 036
<i>Delonix floribunda</i>	Extrémité	12,3 ± 0,2	7,9 ± 0,3	8,7 ± 0,2	0,7±0	1 524
<i>Tamarindus indica</i>	Extrémité	12,9 ± 0,4	12,3 ± 0,7	7,6 ± 0,7	0,9±0,1	1 171
<i>Tetrapterocarpon geayi</i>	Extrémité	8,4 ± 0,2	4,7 ± 0,1	3,5 ± 0,1	0,1±0	14 218
<i>Vachellia bellula</i>	Extrémité	5 ± 0,2	3,5 ± 0,1	1,4 ± 0,1	0±0	87 705



Source : Randrianarisoa, 2021

Figure 17 : Illustrations des graines de six espèces cibles : (a) *Albizia mahalao*, (b) *Albizia tulearensis*, (c) *Delonix floribunda*, (d) *Tamarindus indica*, (e) *Tetrapterocarpon geayi* et (f) *Vachellia bellula*.

III.3. CARACTÉRISTIQUES DES SUBSTRATS ET QUALITÉ DE L'EAU

III.3.1. Substrats

Après la projection de la proportion des trois particules dans le triangle textural de l'USDA (United States Departments of Agriculture), les trois types du sol sont tous sableux (Tableau 3). La proportion du sable varie de 89,7 à 93,1 %. Le sol ferrugineux présente la proportion en limon élevée (9,3 %). Le sol calcaire est riche en argile (7,1 %).

Tableau 3 : Caractéristique texturale des substrats utilisés pour le test de germination (n=10).

Types de substrats	Particules			Texture
	Sable (%)	Limon (%)	Argile (%)	
Sol sableux	93,1 ± 1,0 ^a	5,9 ± 1,0 ^b	1,0 ± 0 ^b	Sableuse
Sol calcaire	91,7 ± 2,5 ^a	1,2 ± 0,6 ^c	7,1 ± 2,7 ^a	Sableuse
Sol ferrugineux	89,7 ± 1,9 ^b	9,3 ± 1,9 ^a	1,0 ± 0 ^b	Sableuse

Pour chaque colonne, les moyennes partageant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

III.3.2. Qualité de l'eau

Pour la conductivité électrique, l'eau du puits connaît une valeur très élevée (6 580 $\mu\text{s}/\text{cm}$) en comparant à celle de l'eau désalinisée (183 $\mu\text{s}/\text{cm}$). Cette conductivité élevée témoigne la forte minéralisation de ce type d'eau. Au sujet du pH, les valeurs sont plus moins neutres pour l'eau du puits (pH 7,1) et l'eau du robinet (pH 7) (Tableau 4).

Tableau 4 : Conductivité et pH de l'eau utilisée pour le test de germination.

Types	Conductivité électrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	pH	Classification
Eau du puits	6 580	7,1	Eau très minéralisée
Eau désalinisée	183	7	Eau douce peu minéralisée

III.4. EFFETS DES PRÉTRAITEMENTS, DES CALIBRES DE GRAINES, DES TYPES DE SUBSTRATS ET DE LA SALINITÉ SUR LA GERMINATION

Les différents facteurs étudiés conditionnent les taux et les temps de germination de graines. Le résultat du test de réversibilité de la salinité sur la germination est nul pour les six espèces. L'effet de chaque facteur sur la germination varie selon les espèces, comme décrit par la section suivante.

III.4.1. Espèce : *Albizia mahalao*

• Prétraitements

Le prétraitement à la scarification manuelle enregistre un taux de germination significativement élevé (87,1 %) par rapport au témoin (76,3 %). Aucune différence significative n'est observée entre le taux de germination avec l'eau du robinet et celui du témoin (Figure 18a). Quant au temps de germination, la scarification manuelle accélère la première et la durée de germination comparée au témoin, qui commence au 1^e jour après semis et prend fin 8 jours après (Figure 18b).

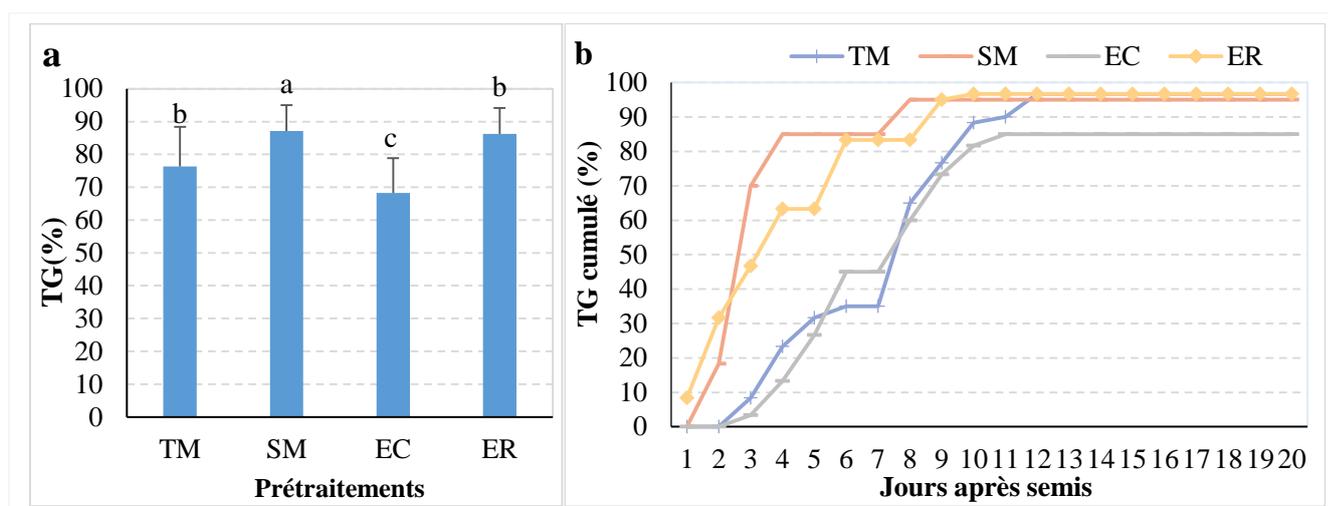


Figure 18 : Effets des prétraitements de graines sur la germination d'*Albizia mahalao* : (a) taux et (b) temps de germination.

Les moyennes partageant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

TM : Témoin ; **SM** : Scarification manuelle ; **EC** : Eau chaude à 40 °C pendant 5 minutes ; **ER** : Eau du robinet pendant 24 heures.

• Calibres de graines

Pour *Albizia mahalao*, les graines à gros (0,09 g) et à moyen calibre (0,07 g) exposent le taux de germination maximal, soit 53,3 et 59 % (Tableau 5). La germination a été observée à partir du 2^e au 3^e jour après semis. La durée de germination pour les trois classes de calibre est comprise entre 6 à 7 jours.

Tableau 5: Effets des calibres de graines sur la germination d'*Albizia mahalao*.

Calibres de graines	Poids moyens (g)	Taux de germination (\pm Ecart-type)	Temps de germination (jours)	
			Première	Durée
Petit	0,04 \pm 0,00	42,8 \pm 4,7 ^b	3	6
Moyen	0,07 \pm 0,01	58,5 \pm 5,5 ^a	2	6
Gros	0,09 \pm 0,02	53,3 \pm 7,5 ^a	2	7
Statistique		$p < 0,05$		

Les moyennes partageant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

- **Substrats**

Pour *Albizia mahalao*, les substrats génèrent des effets significatifs ($p < 0,05$) sur les taux de germination (Tableau 6). Le sol calcaire et le sol sableux sont les plus favorables, avec des taux respectifs de 57,8 et de 59,9 %. La germination a eu lieu à partir du 4^e jour après semis. Parmi les quatre substrats, les graines semées au sol calcaire présentent la plus courte durée de germination, soit 4 jours contre 14 à 15 jours pour les autres substrats.

Tableau 6 : Effets des substrats sur la germination d'*Albizia mahalao*.

Substrats	Taux de germination (± Ecart-type)	Temps de germination (jours)	
		Première	Durée
Sol sableux	59,9 ± 10,3 ^a	4	15
Sol ferrugineux	43,9 ± 8,5 ^b	4	14
Sol calcaire	57,8 ± 10,6 ^a	4	4
Sol mélangé	40,2 ± 8,1 ^c	4	14
Statistique	$p < 0,05$		

Les moyennes partageant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

- **Effet de la salinité**

Les taux de germination des graines d'*Albizia mahalao* diminuent progressivement en augmentant la dose du NaCl (Figure 19a). Le taux le plus élevé a été décelé avec le témoin, soit 80,9 %. Ce taux réduit jusqu'à 17,6 %, en appliquant la dose 10 g/L NaCl. Pour l'ensemble des concentrations étudiées, la germination a commencé au 2^e et au 3^e jour après semis (Figure 19b). La durée de germination s'étale jusqu'au 7^e au 8^e jour après semis.

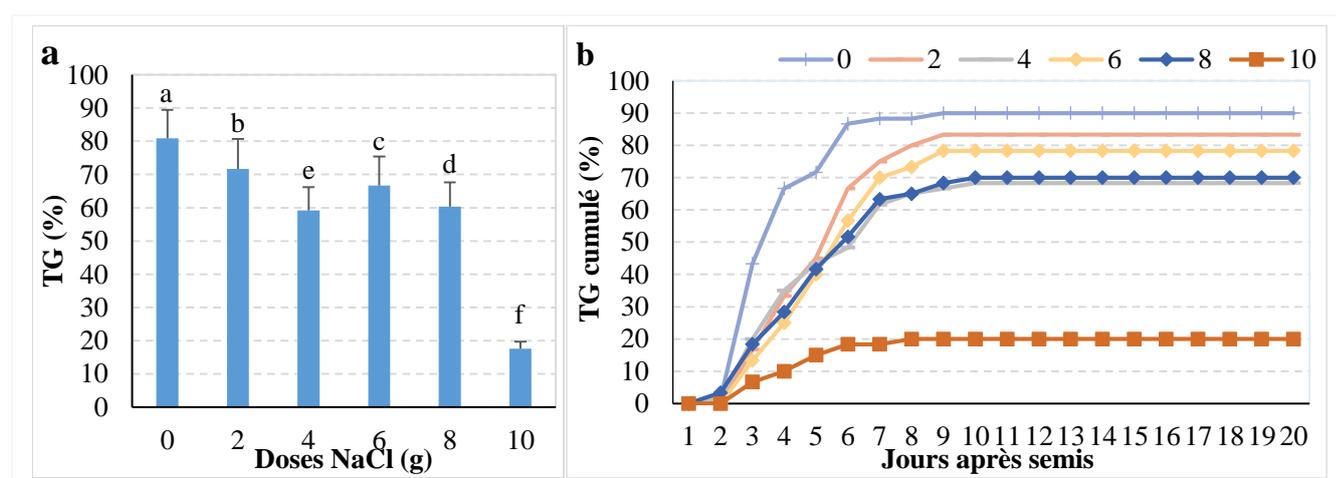


Figure 19 : Effets de la salinité sur la germination d'*Albizia mahalao* : (a) taux et (b) temps de germination.

Les moyennes partageant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

TM : Témoin ; **SM** : Scarification manuelle ; **EC** : Eau chaude à 40 °C pendant 5 minutes ; **ER** : Eau du robinet pendant 24 heures.

III.4.2. Espèce : *Albizia tullearensis*

• Prétraitements

La scarification manuelle de graines augmente significativement le taux de germination des graines d'*Albizia tullearensis* en se référant au témoin (Figure 20a). La première germination a été observée après 2 jours du semis pour les graines scarifiées. Pourtant, pour les autres prétraitements, la germination a commencé après 4 à 5 jours du semis (Figure 20b). La durée de germination des graines scarifiées s'étale jusqu'au 10^e jour après semis.

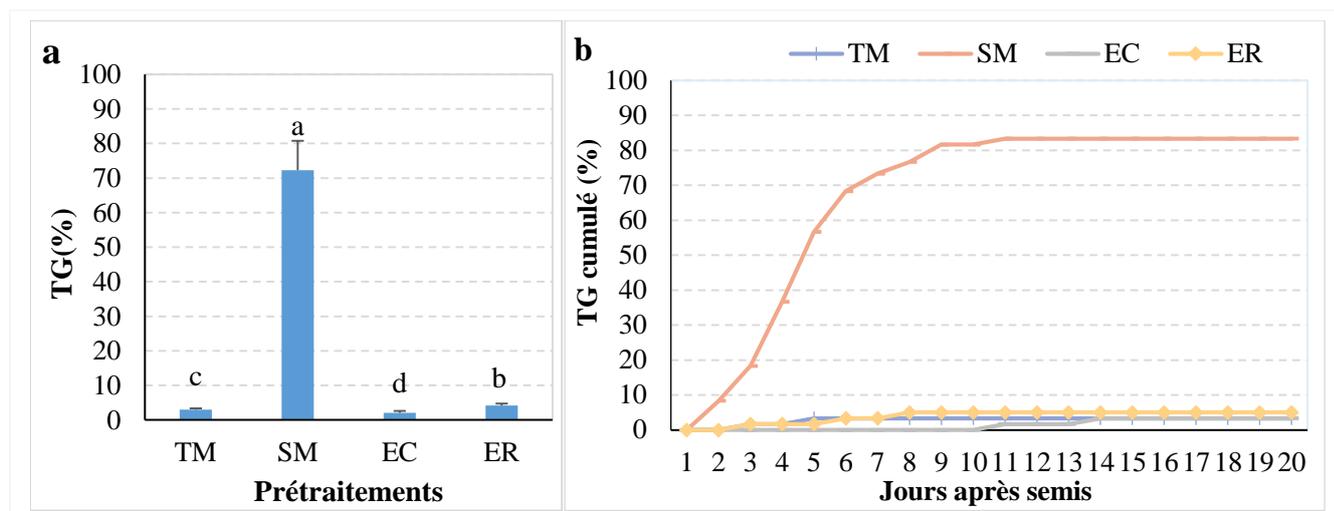


Figure 20 : Effets des prétraitements de graines sur la germination d'*Albizia tullearensis* : (a) taux et (b) temps de germination.

Les moyennes partageant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

TM : Témoin ; **SM** : Scarification manuelle ; **EC** : Eau chaude à 40 °C pendant 5 minutes ; **ER** : Eau du robinet pendant 24 heures.

• Calibres de graines

Pour *Albizia tullearensis*, le taux de germination le plus élevé a été obtenu avec les gros calibres, soit 35,6 % contre 13,2 pour le petit et 30,1 % pour le moyen calibre (Tableau 7). La première germination se manifeste après 2 à 3 jours du semis, avec une durée de 7 à 8 jours.

Tableau 7 : Effets des calibres de graines sur la germination d'*Albizia tullearensis*.

Calibres de graines	Poids moyens (g)	Taux de germination (± Ecart-type)	Temps de germination (jours)	
			Première	Durée
Petit	0,06 ± 0,01	13,2 ± 1,5 ^c	3	7
Moyen	0,09 ± 0,02	30,1 ± 3,1 ^b	2	8
Gros	0,18 ± 0,03	35,6 ± 3,9 ^a	2	8
Statistique		$p < 0,05$		

Les moyennes partageant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

- **Substrats**

Parmi les quatre types de substrats testés, le sol sableux et le sol calcaire enregistrent les taux respectifs les plus élevés, soit 61,6 et 71,1 % (Tableau 8). La germination a commencé après 3 à 4 jours du semis. La durée de germination des graines semées avec le sol mélangé est légèrement courte (6 jours) par rapports aux autres substrats (7 à 8 jours).

Tableau 8 : Effets des substrats sur la germination d'*Albizia tullearensis*.

Substrats	Taux de germination (± Ecart-type)	Temps de germination (jours)	
		Première	Durée
Sol sableux	61,6 ± 8,9 ^a	3	8
Sol ferrugineux	55,7 ± 7,9 ^c	3	8
Sol calcaire	71,1 ± 9,7 ^a	3	7
Sol mélangé	61,4 ± 8,9 ^b	4	6
Statistique	$p < 0,05$		

Les moyennes partageant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

- **Effet de la salinité**

Les taux de germination d'*Albizia tullearensis* diminuent significativement avec l'augmentation de la concentration du NaCl (Figure 21a). Les taux les plus élevés sont observés avec le témoin (90,7 %) et la dose 2 g/L NaCl (87,6 %). La première germination est similaire pour toutes les doses testées, commencée au 2^e jour après semis (Figure 21b). Avec la solution 2 g/L NaCl et le témoin, la durée de germination est plus rapide (5 jours) que celles des autres solutions (8 jours).

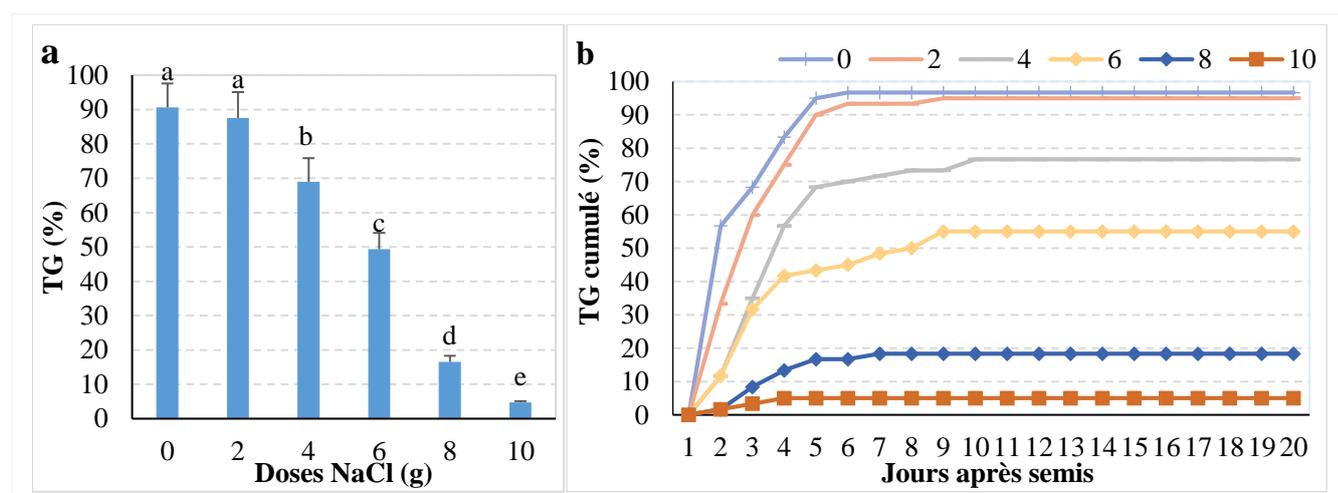


Figure 21 : Effets de la salinité sur la germination d'*Albizia tullearensis* : (a) taux et (b) temps de germination.

Les moyennes partageant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

III.4.3. Espèce : *Delonix floribunda*

• Prétraitements des graines

Le prétraitement à la scarification stimule significativement la capacité germinative des graines de *Delonix floribunda* avec un taux de 65,5 % contre 0 % (témoin). Avec l'eau du robinet, aucune graine germée n'a été observée (Figure 22a). Les graines scarifiées commencent à germer à partir du 5^e jour après semis et atteignent leur capacité germinative maximale 5 jours après (Figure 22b).

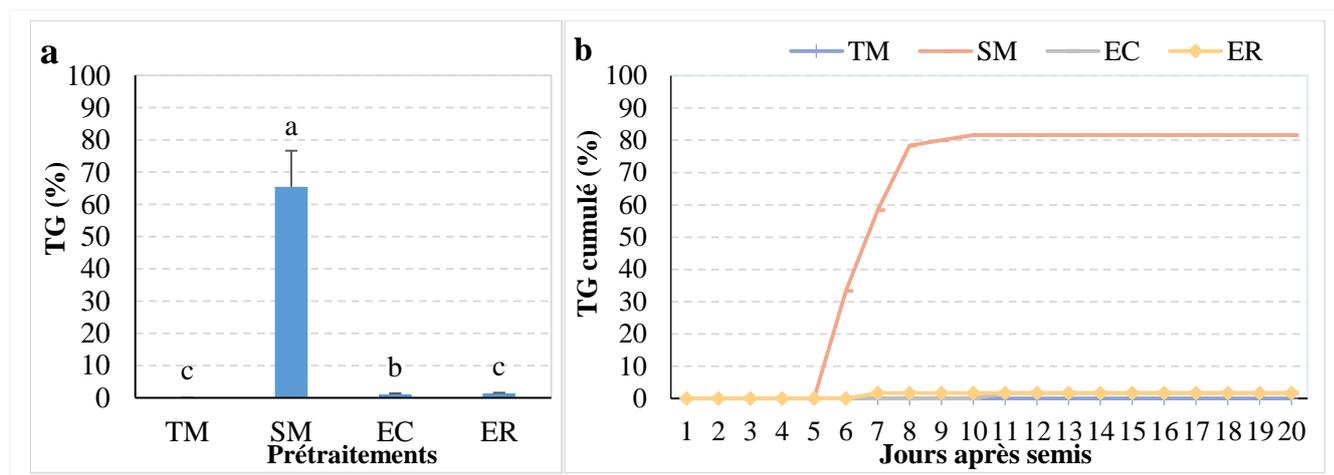


Figure 22 : Effets des prétraitements de graines sur la germination de *Delonix floribunda* : (a) taux et (b) temps de germination.

Les moyennes partageant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

TM : Témoin ; **SM** : Scarification manuelle ; **EC** : Eau chaude à 40 °C pendant 5 minutes ; **ER** : Eau du robinet pendant 24 heures.

• Calibres de graines

Les trois classes de calibre montrent des effets très significatifs sur le taux de germination de *Delonix floribunda*. Les graines à moyen calibre (0,6 g) présentent la meilleure capacité germinative (Tableau 9). La première et la durée de germination pour les trois classes de calibre est relativement similaire, qui commence après 3 jours du semis et prend fin 6 à 7 jours après.

Tableau 9 : Effets des calibres de graines sur la germination de *Delonix floribunda*.

Calibres de graines	Poids moyens (g)	Taux de germination (\pm Ecart-type)	Temps de germination (jours)	
			Première	Durée
Petit	0,56 \pm 0,02	58,9 \pm 7,9 ^b	3	7
Moyen	0,64 \pm 0,03	67,1 \pm 9,5 ^a	3	6
Gros	0,77 \pm 0,03	52,1 \pm 7,2 ^c	3	6
Statistique		$p < 0,05$		

Les moyennes partageant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

- **Substrats**

Pour *Delonix floribunda*, les taux de germination des graines semées dans les quatre substrats sont significativement différents, avec des valeurs comprises entre 78,2 et 80,3 % (Tableau 10). La première germination a été observée après 5 à 6 jours du semis. Le sol calcaire accélère la durée de germination, soit 4 jours contre 5 à 7 jours avec les autres substrats.

Tableau 10 : Effets des substrats sur la germination de *Delonix floribunda*.

Substrats	Taux de germination (± Ecart-type)	Temps de germination (jours)	
		Première	Durée
Sol sableux	78,2 ± 13,7 ^a	6	7
Sol ferrugineux	80,1 ± 13,3 ^a	6	5
Sol calcaire	78,3 ± 13,3 ^b	5	4
Sol mélangé	80,3 ± 13,3 ^a	5	5
Statistique	$p < 0,05$		

Les moyennes partageant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

- **Effet de la salinité**

La salinité inhibe le taux de germination des graines de *Delonix floribunda* (Figure 23a). Le taux le plus élevé a été obtenu avec le témoin (87,3 %). Ce taux diminue progressivement jusqu'à 1,4 % avec la dose 10 g/L NaCl. La salinité retarde la première germination, avec un délai de 4 à 6 jours pour les solutions salées contre 2 jours pour le témoin (Figure 23b). Pour l'ensemble des concentrations, la durée de germination est comprise entre 7 à 8 jours.

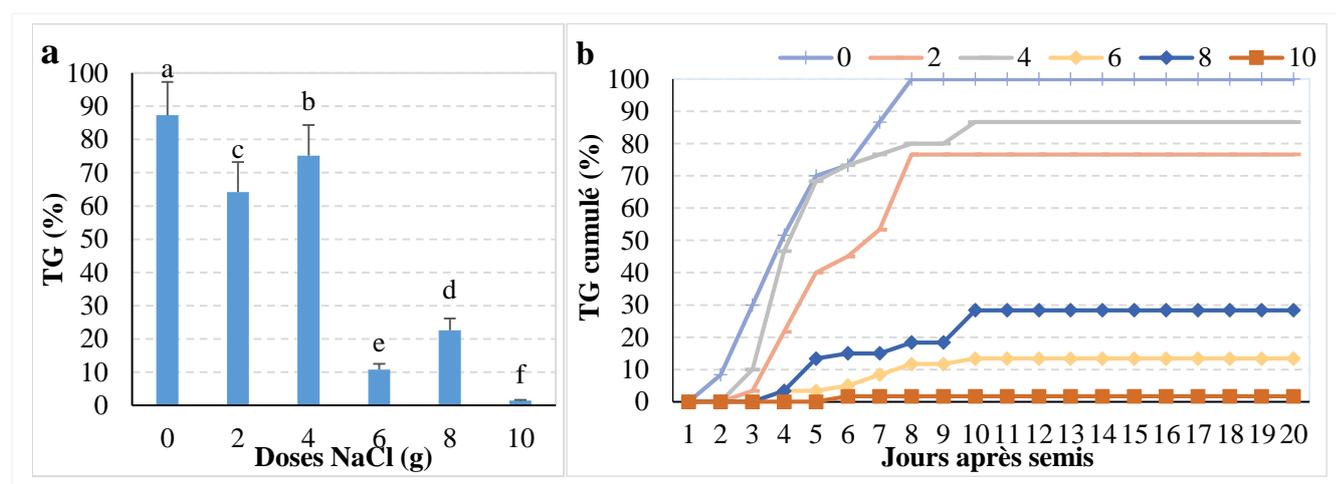


Figure 23 : Effets de la salinité sur la germination de *Delonix floribunda* : (a) taux et (b) temps de germination.

Les moyennes partageant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

III.4.4. Espèce : *Tamarindus indica*

• Prétraitements

La scarification manuelle enregistre un taux significativement élevé (60,9 %) par rapport au témoin (33,2 %). Aucune différence significative n'est observée entre les taux de germination de graines traitées avec de l'eau chaude et de l'eau du robinet et le témoin, avec des taux environs 30 % (Figure 24a). La scarification manuelle de graines accélère à la fois la levée et la durée de germination par rapport au témoin (Figure 24b). Pour les deux autres prétraitements, la première et la durée de germination est similaire au témoin, 10 jours après semis et achevé 19 jours après.

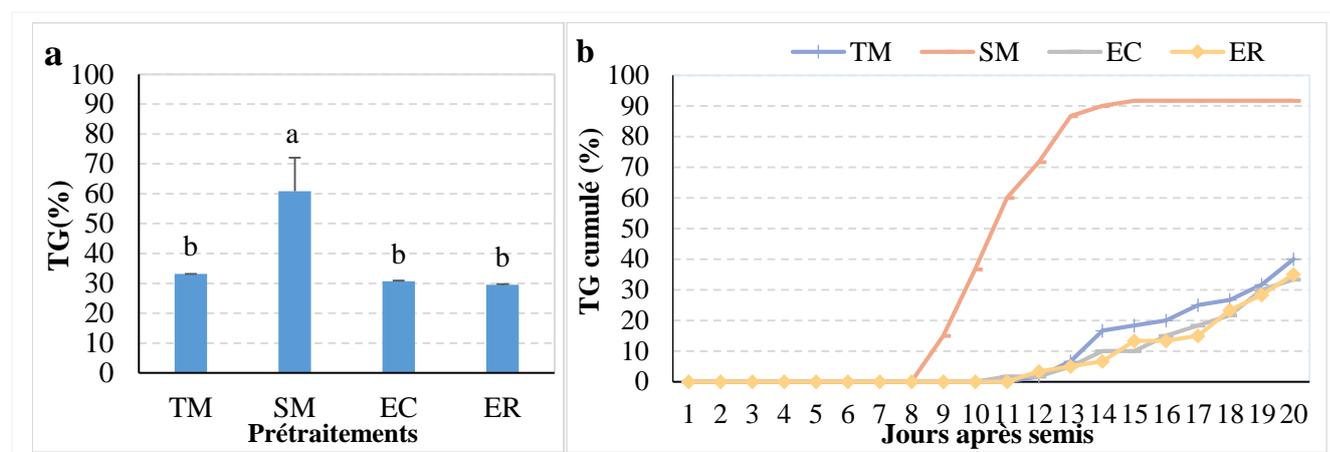


Figure 24 : Effets des prétraitements de graines sur la germination de *Tamarindus indica* : (a) taux et (b) temps de germination.

Les moyennes partageant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

TM : Témoin ; **SM** : Scarification manuelle ; **EC** : Eau chaude à 40 °C pendant 5 minutes ; **ER** : Eau du robinet pendant 24 heures.

• Calibre de graines

Pour *Tamarindus indica*, les graines à petit et à gros calibre présentent la meilleure capacité germinative, avec des taux respectifs à 58,8 et 59,6 % (Tableau 11). Pour les trois classes de calibres, la première germination est observée à partir du 8^e au 9^e jour après semis, avec une durée de germination comprise entre 8 à 10 jours.

Tableau 11 : Effets des calibres de graines sur la germination de *Tamarindus indica*.

Calibre de graines	Poids moyens (g)	Taux de germination (\pm Ecart-type)	Temps de germination (jours)	
			Première	Durée
Petit	0,65 \pm 0,09	58,8 \pm 14,3 ^a	8	8
Moyen	0,82 \pm 0,08	56,3 \pm 14,1 ^b	8	10
Gros	1,10 \pm 0,14	59,6 \pm 15,0 ^a	9	10
Statistique		$p < 0,05$		

Les moyennes partageant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

- **Substrats**

Le sol calcaire présente le taux de germination le plus élevé (66,6 %) par rapport aux autres types de substrats (Tableau 12). La première germination a été observée à partir du 8^e au 9^e jour après semis. La durée de germination avec le sol mélangé est plus rapide, qui est de 4 jours contre 6 à 7 jours avec les autres substrats.

Tableau 12 : Effets des substrats sur la germination de *Tamarindus indica*.

Substrats	Taux de germination (± Ecart-type)	Temps de germination (jours)	
		Première	Durée
Sol sableux	64,2 ± 15,8 ^b	8	7
Sol ferrugineux	65,2 ± 15,2 ^c	8	6
Sol calcaire	66,6 ± 15,4 ^b	8	6
Sol mélangé	66,3 ± 16,2 ^a	9	4
Statistique	$p < 0,05$		

Les moyennes partageant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

III.4.5. Espèce : *Tetrapterocarpon geayi*

- **Prétraitements**

Pour *Tetrapterocarpon geayi*, la scarification manuelle de graines enregistre un taux significativement élevé (87,9 %) par rapport au témoin (1,4 %). Les prétraitements avec de l'eau chaude et l'eau du robinet donnent un taux similaire au témoin (Figure 25a). En comparant au témoin, la scarification manuelle stimule la première et la durée de germination, commencée après 2 jours du semis et achevée 3 jours après (Figure 25b).

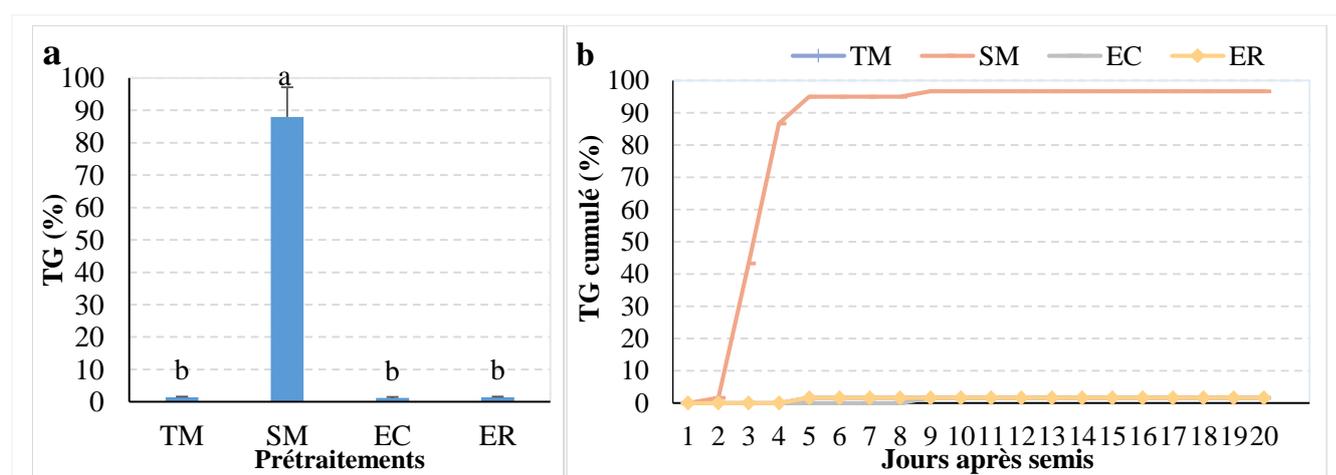


Figure 25 : Effets des prétraitements de graines sur la germination de *Tetrapterocarpon geayi* : (a) taux et (b) temps de germination.

Les moyennes partageant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

TM : Témoin ; **SM** : Scarification manuelle ; **EC** : Eau chaude à 40 °C pendant 5 minutes ; **ER** : Eau du robinet pendant 24 heures.

- **Calibres de graines**

Le taux de germination le plus élevé de *Tetrapterocarpon geayi* a été obtenu avec les graines à moyen calibre (0,07 g), soit 77,4 % (Tableau 13). Que ce soient les classes de calibre, la germination a commencé au 3^e jour après semis et achevé 6 à 7 jours après.

Tableau 13 : Effets des calibres de graines sur la germination de *Tetrapterocarpon geayi*.

Calibres de graines	Poids moyens (g)	Taux de germination (\pm Ecart-type)	Temps de germination (jours)	
			Première	Durée
Petits	0,05 \pm 0,01	44,2 \pm 5,1 ^c	3	7
Moyens	0,07 \pm 0,00	77,4 \pm 7,9 ^a	3	6
Gros	0,09 \pm 0,01	65,8 \pm 7,1 ^b	3	6
Statistique		$p < 0,05$		

Les moyennes partageant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

- **Substrats**

Le sol mélangé enregistre le taux de germination le plus élevé parmi les quatre types de substrats, avec une valeur de 32,5 %, suivi du sol ferrugineux avec un taux de 31 % (Tableau 14). Que ce soit les types de substrats, la germination a commencé à partir du 6^e au 7^e jour après semis. Le sol calcaire et le sol mélangé stimulent la durée de germination de graines, soit 7 jours contre 8 à 9 jours avec les autres substrats.

Tableau 14 : Effets des substrats sur la germination de *Tetrapterocarpon geayi*.

Substrats	Taux de germination (\pm Ecart-type)	Temps de germination (jours)	
		Première	Durée
Sol sableux	30,2 \pm 5,7 ^c	6	8
Sol ferrugineux	31,0 \pm 6,0 ^b	6	9
Sol calcaire	26,1 \pm 5,2 ^d	7	7
Sol mélangé	32,5 \pm 6,4 ^a	7	7
Statistique	$p < 0,05$		

Les moyennes partageant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

- **Effet de la salinité**

La salinité de l'eau diminue les taux de germination des graines de *Tetrapterocarpon geayi* (Figure 26a). Elle ralentisse également le temps de germination, notamment la première et la durée de celle-ci (Figure 26b). Pour l'ensemble des solutions testées, la germination a commencé à partir du 1^e au 2^e jour après semis et prend fin au 7^e jour après semis.

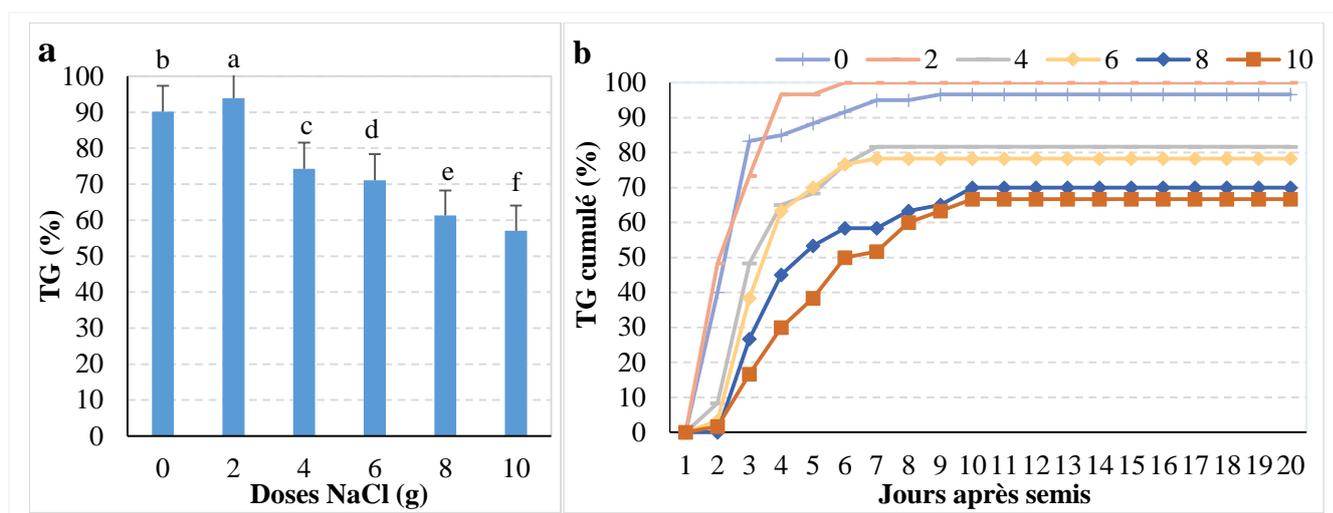


Figure 26 : Effets de la salinité sur la germination de *Tetrapterocarpon geayi* : (a) taux et (b) temps de germination.

Les moyennes partageant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

III.4.6. Espèce : *Vachellia bellula*

• Prétraitements

Pour *Vachellia bellula*, le taux de germination des graines scarifiées est significativement élevé (79,1 %) par rapport autres traitements (Figure 27a). Le taux de germination des graines traitées avec de l'eau du robinet est significativement supérieur au témoin, soit 8,9 %. Par contre, le taux de germination avec de l'eau chaude (0 %) est inférieur au témoin (3,6 %). La scarification manuelle accélère la première et la durée de germination, commencée au 3^e jour et prend fin au 6^e après semis.

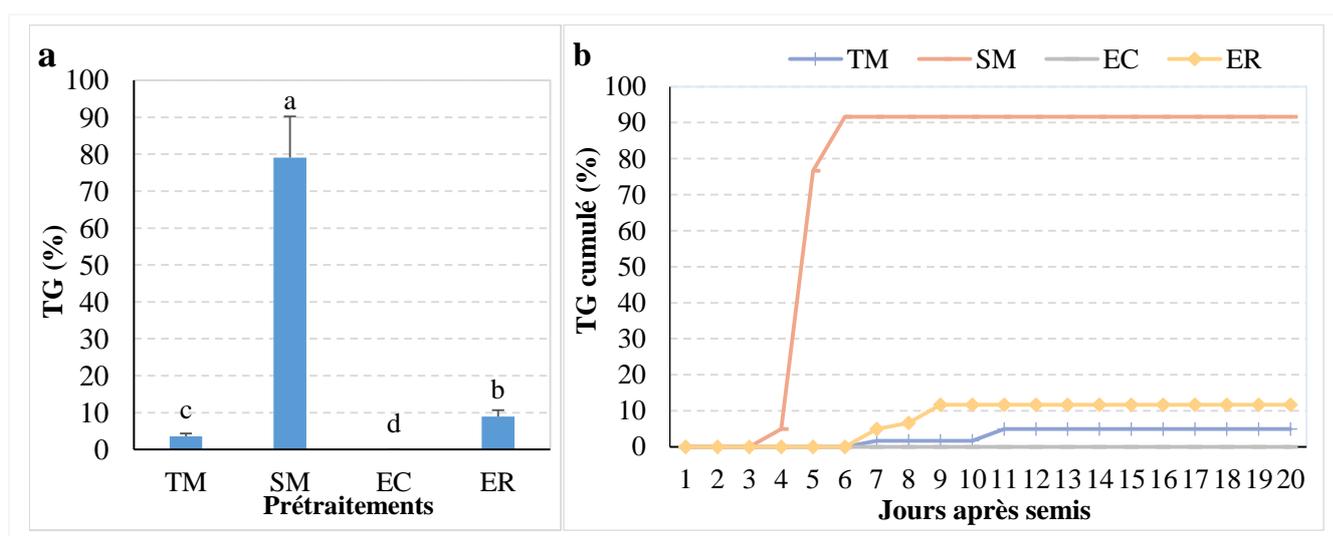


Figure 27 : Effets des prétraitements de graines sur la germination de *Vachellia bellula* : (a) taux et (b) temps de germination.

Les moyennes partageant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

TM : Témoin ; **SM** : Scarification manuelle ; **EC** : Eau chaude à 40 °C pendant 5 minutes ; **ER** : Eau du robinet pendant 24 heures.

- **Calibres de graines**

Les graines à gros calibre (0,03 g) enregistrent le taux de germination le plus élevé (70,3 %) par rapport au petit et moyen calibre (Tableau 15). Aucune différence n'a été trouvée entre les trois calibres sur la première germination, qui a commencé après 2 jours du semis. La plus courte durée de germination a été décelée avec les gros calibres, 5 jours contre 7 jours pour les petits et les moyens calibres.

Tableau 15 : Effets des calibres de graines sur la germination de *Vachellia bellula*.

Calibres de graines	Poids moyens (g)	Taux de germination (± Ecart-type)	Temps de germination (jours)	
			Première	Durée
Petits	0,01 ± 0,00	67,1 ± 6,9 ^b	2	7
Moyens	0,02 ± 0,00	58,8 ± 5,4 ^c	2	7
Gros	0,03 ± 0,00	70,3 ± 6,7 ^a	2	5
Statistique		$p < 0,05$		

Les moyennes partageant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

- **Substrats**

Pour *Vachellia bellula*, le taux de germination le plus élevé a été observé avec le sol mélangé (83,4 %). Le taux le plus faible a été observé avec le sol ferrugineux, soit 54,7 % (Tableau 16). Pour les quatre substrats, la germination a commencé à partir du 3^e jour après semis et prend fin après 10 à 11 jours.

Tableau 16 : Effets des substrats sur la germination de *Vachellia bellula*.

Substrats	Taux de germination (± Ecart-type)	Temps de germination (jours)	
		Première	Durée
Sol sableux	75,9 ± 9,0 ^b	3	11
Sol ferrugineux	54,7 ± 8,3 ^d	3	10
Sol calcaire	64,7 ± 7,8 ^c	3	10
Sol mélangé	83,4 ± 9,7 ^a	3	11
Statistique	$p < 0,05$		

Les moyennes partageant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

- **Effet de la salinité**

Les taux de germination des graines de *Vachellia bellula* traitées avec les doses croissantes du NaCl sont compris entre 79,9 à 88 % (Figure 28a). Les concentrations 2 et 4 g/L NaCl enregistrent des taux significativement élevés (83,7 et 88 %) par rapport au témoin (79,9

%). Les graines semées avec les solutions salées et celles du témoin commencent à germer après 2 jours du semis et achèvent leur germination 3 jours après (Figure 28b).

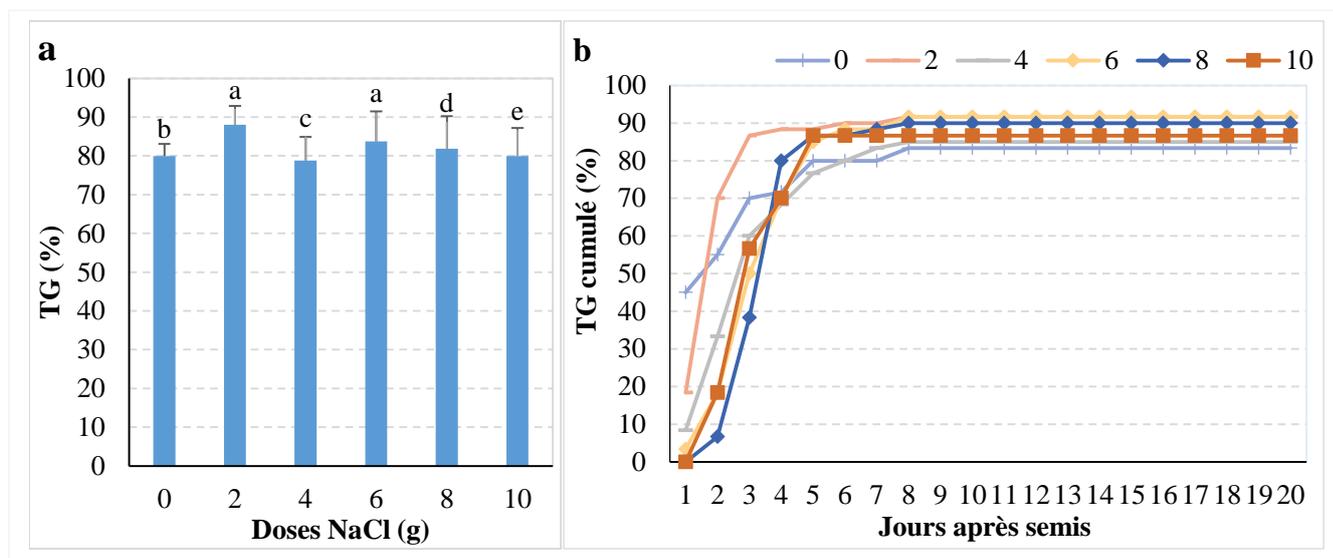


Figure 28 : Effets de la salinité sur la germination de *Vachellia bellula* : (a) taux et (b) temps de germination.

Les moyennes partageant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

III.5. EFFET DES SUBSTRATS SUR LA VIABILITÉ ET LA CROISSANCE DES PLANTULES

Les résultats précédents révèlent les conditions idéales pour améliorer la germination des graines pour les six espèces. Cependant, il ne suffit pas que les graines germent, il faut aussi que les plantules puissent croître correctement. L'effet des substrats sur la viabilité et la croissance des plantules est développé dans la section suivante.

III.5.1. Espèce : *Albizia mahalao*

Les taux de viabilité des plantules diminuent en fonction du temps (Figure 29a). Le taux le plus élevé a été observé avec le sol calcaire, soit 65 % après 60 jours du semis. Pour la croissance en hauteur (Figure 29b) et l'apparition des feuilles (Figure 29c), la différence est non significative, avec une valeur comprise entre 4 à 4,5 cm et 3 à 6 feuilles après 60 jours du semis.

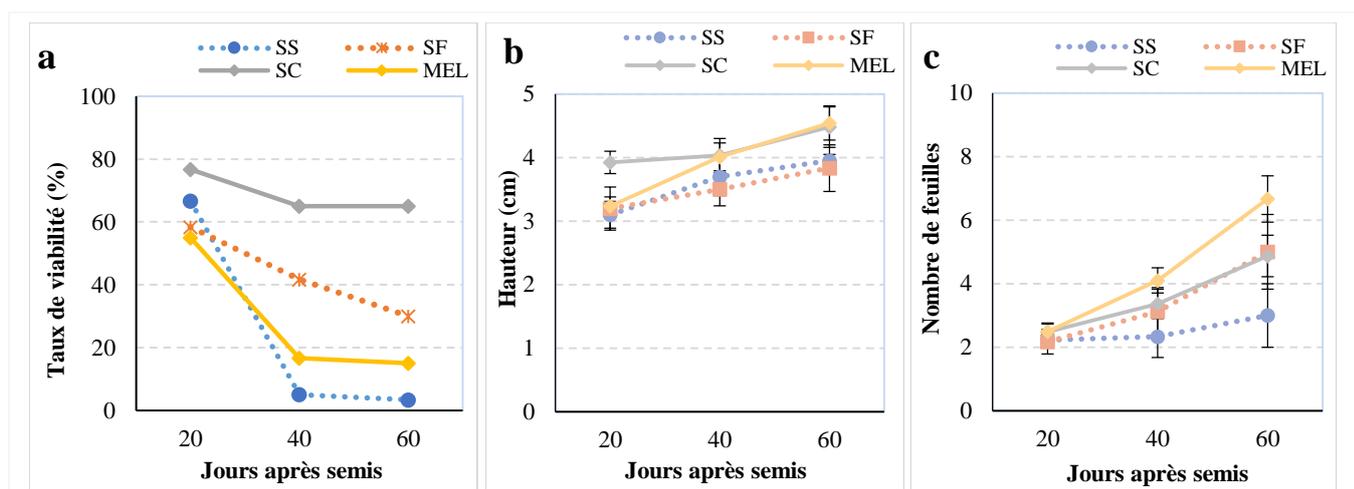


Figure 29 : Effet des substrats sur la viabilité et la croissance d'*Albizia mahalao*: (a) taux de viabilité, (b) croissance en hauteur et (c) apparition des feuilles.
SS : Sol sableux ; **SF** : Sol ferrugineux ; **SC** : Sol calcaire ; **MEL** : Sol mélangé.

III.5.2. Espèce : *Albizia tulearensis*

Au cours des trois périodes d'observation, le sol calcaire enregistre toujours le taux de viabilité le plus élevé, soit 75 % (Figure 30a). Après 60 jours du semis, le sol calcaire montre une vitesse de croissance significative ($p < 0,05$) par rapport aux autres substrats, avec une hauteur moyenne 9,4 cm (Figure 30b) et 7 feuilles (Figure 30c). Pour les autres substrats, la hauteur moyenne des plantules est comprise entre 6 à 8 cm et 5 à 6 feuilles.

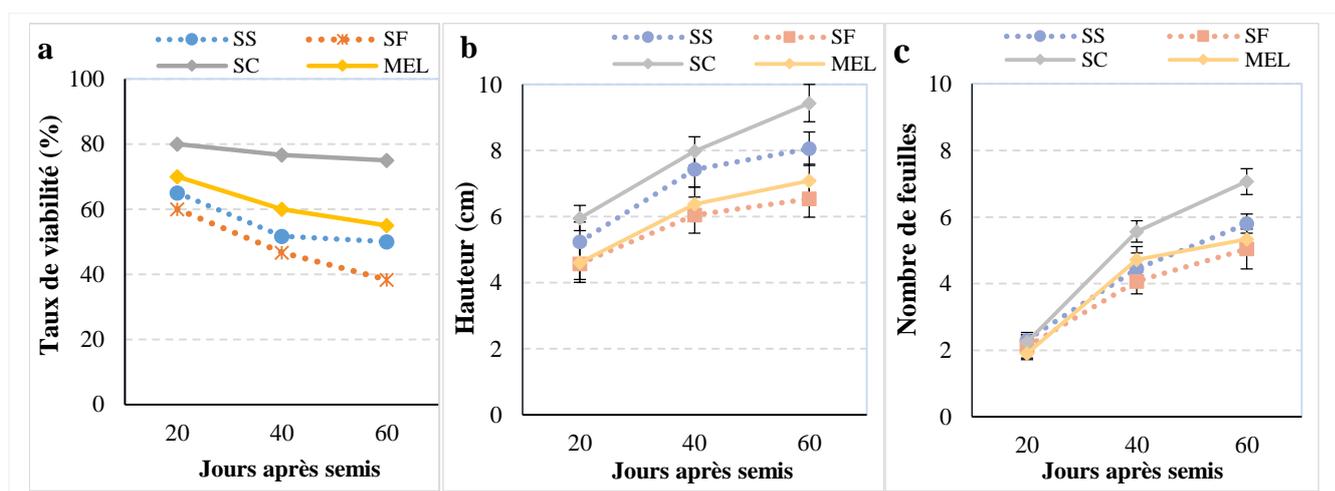


Figure 30 : Effet des substrats sur la viabilité et la croissance d'*Albizia tulearensis* : (a) taux de viabilité, (b) croissance en hauteur et (c) apparition des feuilles.
SS : Sol sableux ; **SF** : Sol ferrugineux ; **SC** : Sol calcaire ; **MEL** : Sol mélangé.

III.5.3. Espèce : *Delonix floribunda*

Les taux de viabilité des plantules restent constants durant les trois périodes d'observation (Figure 31a). Que ce soient les substrats, la croissance des plantules est toute identique

statistiquement ($p \geq 0,05$), avec une hauteur comprise entre 20 à 24 cm (Figure 31b) et un nombre de 17 à 20 feuilles (Figure 31c).

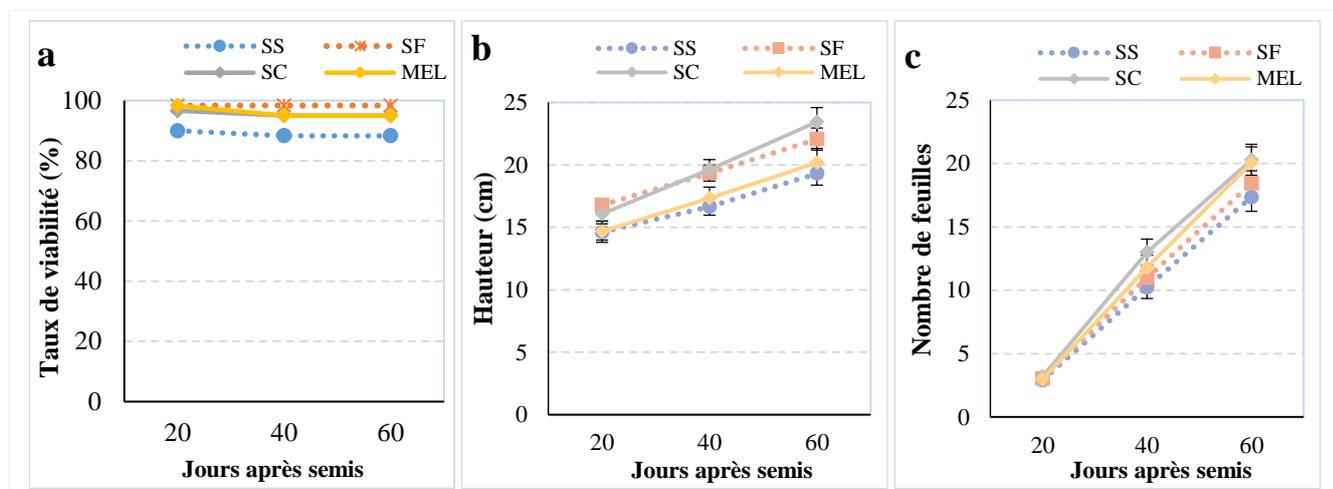


Figure 31 : Effet des substrats sur la viabilité et la croissance de *Delonix floribunda* : (a) taux de viabilité, (b) croissance en hauteur et (c) apparition des feuilles.
SS : Sol sableux ; **SF** : Sol ferrugineux ; **SC** : Sol calcaire ; **MEL** : Sol mélangé.

III.5.4. Espèce : *Tamarindus indica*

Toutes les plantules germées restent viables jusqu'au 60^e jour après semis (Figure 32a). Au 20^e jour après semis, la hauteur moyenne des plantules est similaire pour les quatre substrats (Figure 32b). Cependant, à partir du 40^e jour après semis, le sol mélangé montre un effet significatif par rapport aux autres substrats, soit une hauteur de 19,9 cm. Pour l'apparition des feuilles, le résultat après 60 jours du semis est non significatif, avec 6 feuilles (Figure 32c).

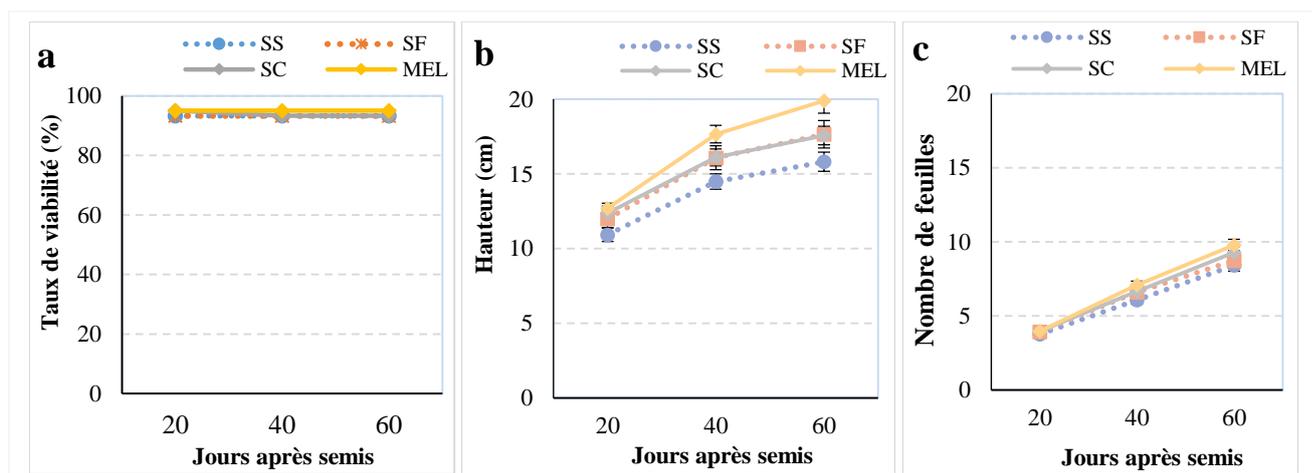


Figure 32 : Effet des substrats sur la viabilité et la croissance de *Tamarindus indica* : (a) taux de viabilité, (b) croissance en hauteur et (c) apparition des feuilles.
SS : Sol sableux ; **SF** : Sol ferrugineux ; **SC** : Sol calcaire ; **MEL** : Sol mélangé

III.5.5. Espèce : *Tetrapterocarpon geayi*

Une grande diminution des taux de viabilité de plantules est remarquée pour les quatre substrats. Au 60^e jour après semis, 3,3 % à 5 % des plantules ayant germé restent viables avec les sols mélangé et calcaire (Figure 33). Pour les sols ferrugineux et sableux, aucune plantule viable n'a été observée à partir du 40^e jour après semis. Par conséquent, la croissance en hauteur et l'apparition des feuilles n'ont pas pu être évaluées.

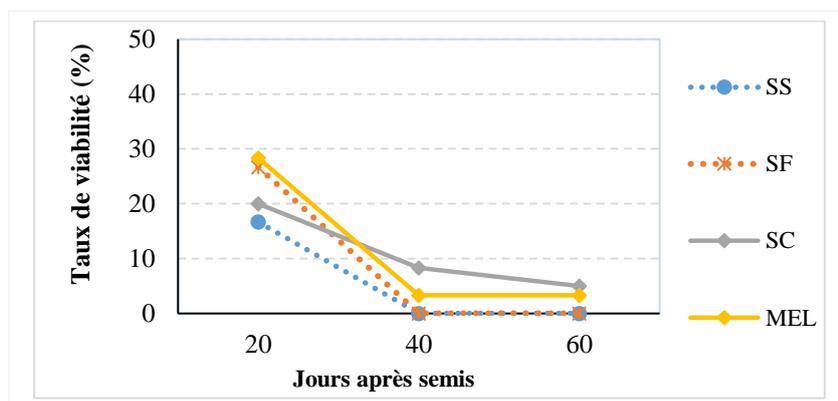


Figure 33 : Effet des substrats sur la viabilité de *Tetrapterocarpon geayi*.
SS : Sol sableux ; **SF** : Sol ferrugineux ; **SC** : Sol calcaire ; **MEL** : Sol mélangé.

III.5.6. Espèce : *Vachellia bellula*

Parmi les quatre types de substrats, le sol mélangé enregistre le taux de viabilité le plus élevé, soit 70 % après 60 jours du semis (Figure 28a). Par contre, les taux de viabilité après 60 jours du semis sont faibles pour les sols sableux (18,3 %) et ferrugineux (23,3 %). Au sujet de croissance en hauteur, aucune différence significative ($p \geq 0,05$) n'a été observée entre les sols calcaires, sableux et ferrugineux (Figure 28b). En ce qui concerne le nombre de feuilles, celui du sol calcaire est significativement élevé, soit 9 feuilles après 60 jours du semis (Figure 28c).

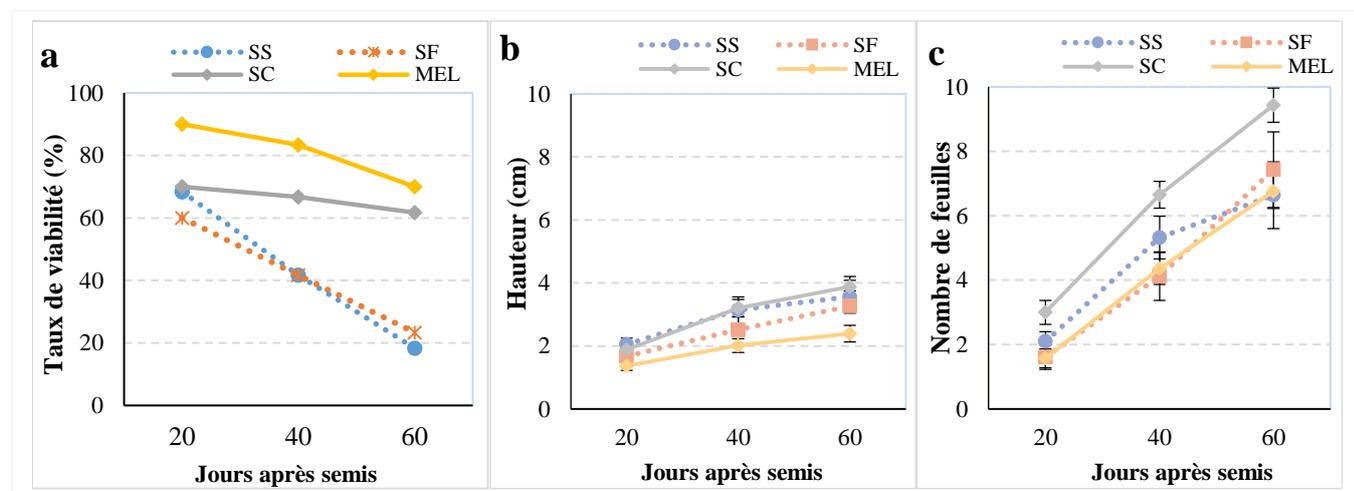


Figure 34 : Effet des substrats sur la viabilité et la croissance de *Vachellia bellula* : (a) taux de viabilité, (b) croissance en hauteur et (c) apparition des feuilles.
SS : Sol sableux ; **SF** : Sol ferrugineux ; **SC** : Sol calcaire ; **MEL** : Sol mélangé.

IV. DISCUSSION

Cette étude a permis d'identifier les conditions optimales pour la germination des graines ainsi que la croissance des plantules. L'analyse des quatre facteurs notamment les prétraitements de graines, les calibres de graines, les substrats et la salinité révèle les conditions idéales pour améliorer la germination et pour obtenir des plantules vigoureuses. Il est à noter que les conditions varient d'une espèce à l'autre, même si les six espèces étudiées appartiennent dans la famille Fabaceae. Suite à l'application des traitements identiques, la différence observée entre les capacités germinatives et la vitesse de croissance est probablement liée aux caractères génétiques propres à chaque espèce. De plus, la capacité d'adaptation varie selon les espèces.

En ce qui concerne les techniques de prétraitements de graines, le taux de germination des graines prétraitées est toujours supérieur à celui du témoin. La faible capacité germinative des lots témoins explique alors la mauvaise régénération naturelle de ces six espèces dans le Parc National de Tsimanampetsotsa. L'ensemble des résultats sur les prétraitements confirme la première hypothèse, qui s'énonce que les prétraitements augmentent le taux de germination des graines. Parmi les trois prétraitements, seule la scarification manuelle admet le meilleur taux de germination par rapport au témoin. Pour les six espèces étudiées, le taux de germination obtenu avec la scarification manuelle est toujours supérieur à 60 %. La scarification manuelle des graines maintient également l'homogénéité de la germination, car elle accélère à la fois la première ainsi que la durée de germination. Cela pourrait être expliqué par le fait que les graines sont exposées directement à l'eau et à la chaleur. La petite incision effectuée au niveau des téguments facilite l'absorption d'eau et déclenche ensuite le processus de germination. Ces résultats corroborent à ceux obtenus par plusieurs études portant aussi sur les espèces de Fabaceae, comme *Dialium guineense* (Assongba et al., 2013), *Prosopis africana* (Ahoton et al., 2009 ; Laouali et al., 2015), *Pterocarpus erinaceus* (Bamba et al., 2018) et *Vachellia erioloba* (Odirile et al., 2019), avec des taux de germination allant de 68,5 à 98 %.

La scarification manuelle des graines a augmenté le taux de germination d'*Albizia tulearensis* (72,3 %) et d'*Albizia mahalao* (87,1 %). Missanjo et al. (2013) a rapporté aussi que la scarification des graines a amélioré la germination d'*Albizia lebbeck* (100 %). Ibrahim et Hawramee (2019) ont obtenu également un taux de 99 % pour *Albizia zygia* après scarification avec l'acide sulfurique. Sajeevukumar et al. (1995) a rapporté ainsi un taux de germination qui varie de 83,2 et 91,7 % pour les graines d'*Albizia falcataria* et *A. procera* suite à la scarification manuelle des graines. Ces résultats indiquent que la scarification manuelle est très efficace pour les espèces du genre *Albizia*. Cependant, cette opération devrait être effectuée soigneusement

afin d'éviter la perte de réserve de graines. Une petite trace suffit pour assurer leur absorption d'eau.

Le taux de germination des graines scarifiées de *Tamarindus indica* est élevé (60,9 %) par rapport à ceux obtenus par Garba et *al.*, 2020 (42,5 %), en appliquant le même prétraitement. Par contre, Azad et *al.* (2013) a obtenu un taux de 82,3 %, après scarification manuelle également. Ces différences au niveau des capacités germinatives pourraient être alors expliquées par les conditions d'expérimentation différente, car ces études antérieures mènent leur expérience en laboratoire où le milieu est plus contrôlé. De plus, la provenance et la qualité de graines, la qualité de l'eau pour l'arrosage, le type et la composition des substrats sont différents. En comparant aux résultats issus des autres techniques de scarification comme l'acide sulfurique, le taux de germination de *T. indica* avec la scarification manuelle (60,9 %) est inférieur à ce obtenu par Bello et Gada (2015) qui est de 95 %. Ajiboye (2010) a obtenu aussi un taux de germination supérieur (80 %) à celui de cette étude en appliquant la scarification avec le méthanol pendant 10 à 15 minutes. En revanche, MacDonald et *al.* (2002) a rapporté un taux de 60,2 % en scarifiant les graines avec l'acide sulfurique. Ce taux de germination est plus ou moins similaire à celui de *Tamarindus indica* dans la présente étude (60,9 %). Cela indique alors que la scarification manuelle est une alternative efficace par rapport aux produits chimiques qui sont très chers et inaccessibles pour les paysans et qui pourraient entraîner des dommages pour les manipulateurs et pour l'environnement.

Parmi les six espèces étudiées, deux espèces connaissent un taux de germination élevé pour les graines témoins, à savoir *Tamarindus indica* (33,2 %) et *Albizia mahalao* (76,3 %). Cela indique que les graines de ces deux espèces peuvent germer, avec un taux assez élevé même sans prétraitement au préalable. Cela informe que leur tégument est perméable à l'eau en comparant avec ceux des autres espèces. Pour *Albizia tullearensis*, *Delonix floribunda*, *Tetrapterocarpon geayi* et *Vachellia bellula*, les taux de germination avec les graines témoins sont comprises entre 0 à 3,6 %. Cette faible capacité germinative de ces graines témoins confirme la dormance de graines de ces espèces. Selon des études antérieures, la dormance de Fabaceae est de type physiologique où se situe au niveau du tégument des graines (Willan, 1992 ; Jaganathan et *al.*, 2016). Cette forme de dormance provient des cellules palissadiques constituées d'hémicellulose et de pectine, devenant dures et hydrophobes à la fin de la maturation de graines (Baskin et Baskin, 2004 ; Danthu et *al.*, 2003 ; Ajiboye, 2010 ; Niang-Diop et *al.*, 2010). De ce fait, la graine devient imperméable à l'eau et aux échanges gazeux. La dormance de Fabaceae est très répandue dans les régions tropicales arides (Willan, 1992),

comme le cas de la Région Atsimo-Andrefana où cette expérience a été effectuée. La dormance tégumentaire est une stratégie adaptative des essences dans les régions arides ou semi-arides, permettant aux graines de résister face aux diverses contraintes environnementales, comme la sécheresse, les feux de brousse et de maintenir leur viabilité dans le sol jusqu'au moment où les conditions deviennent favorables (Tybirk, 1991).

L'absence des graines germées pour *Delonix floribunda*, sur le lot témoin peut être expliquée par l'imperméabilité de leur tégument. D'ailleurs, les graines de cette espèce exigent une durée de conservation avant la mise en germination, comme le cas des autres espèces du même genre comme *Delonix regia* (Jaganathan et al., 2016). De plus, les graines de *Delonix floribunda* pourraient être thermodormante, où leur germination ne pourrait être possible qu'à l'exposition au rayonnement solaire et de la chaleur intense, comme le cas de *Delonix regia* également (Jaganathan et al., 2016).

Dans cette étude, les taux de germination des quatre espèces notamment *Albizia tulearensis*, *Delonix floribunda*, *Tetrapterocarpon geayi* et *Vachellia bellula* dont les graines ont été trempées avec l'eau chaude à 40 °C durant 5 minutes sont faibles (0 à 1 %). Cela se traduit alors que la température de l'eau à 40 °C ne permet pas le ramollissement des téguments de graines qui sont très durs. Un recours avec des autres prétraitements est alors à suggérer comme alternatif à la scarification manuelle, qui pourrait risquer d'endommager les réserves des graines très petites, avec un poids moyen qui comprise entre 0 à 0,1 g, comme celles d'*Albizia mahalao*, de *Tetrapterocarpon geayi* et de *Vachellia bellula*. L'utilisation de l'eau bouillante pourrait alors augmenter le pouvoir germinatif des graines de ces quatre espèces, comme le cas de *Prosopis africana* (Laouali et al., 2015).

Les résultats évoquent que les calibres de graines influencent les taux de germination des six espèces, ceux qui confirment la deuxième hypothèse. Les gros calibres présentent la meilleure capacité germinative pour le cas d'*Albizia tulearensis* (35,6 %), de *Tamarindus indica* (59,6 %) et de *Vachellia bellula* (70,3 %). Ceci est expliqué par la quantité de réserves de ces lots de graines, car plus elles sont grosses, plus elles renferment plus de réserves utiles pour la germination. De plus, comme Offiong (2008) a rapporté, les gros calibres se caractérisent par un embryon plus large que celle des petits et des moyens calibres. Cela augmente leur pouvoir germinatif. Des résultats similaires ont été rapportés par de nombreuses études, comme le cas de *Tamarindus indica* (Ajiboye, 2010), de *Gmelina arborea* (Ohow et al., 2011), d'*Albizia lebbeck* (Missanjo et al., 2013), de *Dioscorea cayenensis*, de *Dioscorea rotunda* (Assaba et al., 2018) et d'*Adansonia digitata* (Amonum et al., 2020).

Par contre, pour *Delonix floribunda* et *Tetrapterocarpon geayi*, les graines à moyens calibres enregistrent le meilleur taux de germination (67,1 et 77,4 %). Cela pourrait être dû à l'homogénéité des graines de moyens calibres. De plus, elles sont probablement en pleine maturité, c'est-à-dire la teneur en eau est adéquate à la conservation. La différence au niveau des taux de germination entre les taux de germination des gros et moyens calibres aussi pourrait être liée à la couleur de graines, comme l'étude de Barbeiro et *al.* (2018) a rapporté pour les graines d'*Albizia niopoides*. Par observation directe, les graines à moyen calibre pour ces deux espèces ont de couleur brune, mais un peu sombre pour les gros calibres. Cette variation de couleur de graine pourrait être liée aux caractères génétiques des semenciers où la collecte des graines a été effectuée. Pour *Albizia mahalao*, le meilleur taux de germination est observé avec les moyens et les gros calibres. La meilleure capacité germinative de ces deux lots de graines est expliquée également par leur quantité de réserve. Les résultats de cette étude se distinguent au cas de l'espèce *Lolium perenne* (Nabila, 2015), où le poids de graines n'a aucune influence sur le taux de germination.

Le mauvais résultat des graines à petits calibres pourrait être lié à la qualité de ces graines. Elles pourraient probablement à maturité précoce. Ainsi, l'embryon de ces graines est court. Par conséquent, cela réduit sa capacité germinative. D'ailleurs, les prétraitements comme la scarification manuelle pourraient risquer la perte de réserve contenue dans ces graines. Pour toutes les espèces étudiées, les moyens et les gros calibres sont alors suggérés pour assurer l'homogénéité et la meilleure germination des graines. Ainsi, la sélection de ces deux calibres permet d'obtenir des jeunes plants homogènes et vigoureux, comme Mansouri et Kheloufi (2021) a mentionné sur la germination et la croissance de *Myrtus communis*.

Concernant le comportement germinatif des graines vis-à-vis de la salinité, les taux de germination sont inhibés en augmentant les doses du NaCl. Cela montre que toutes les espèces sont non tolérantes à la salinité de l'eau au moment de la germination. Ceci vérifie la deuxième partie de l'hypothèse 2. La salinité inhibe le taux de germination des graines, à l'exception le cas de *Vachellia bellula* qui présente une forte tolérance au sel. Son taux de germination avec la dose 10 g/L NaCl atteint de 79,9 %, qui est similaire à celui du témoin (79,9 %). Cela informe la capacité d'adaptation de cette espèce dans le littoral, près du lac salé de Tsimanampetsotsa. Un résultat similaire a été rapporté par Jaouadi et *al.* (2010) sur l'espèce *Acacia tortilis*, avec un taux de germination de 61 % avec la dose 9 g/L NaCl.

Pour *Albizia mahalao*, *Albizia tulearensis*, *Delonix floribunda*, *Tamarindus indica* et *Tetrapterocarpon geayi*, le taux de germination avec l'eau désalinisée varie de 80,9 à 90,7 %.

Ce taux réduit progressivement en appliquant la dose 2, 4, 6, 8 et 10 g/L NaCl. Cela est dû à l'effet négatif du sel sur la germination. La réduction de la capacité germinative est d'autant plus élevée avec la dose 10 g/L NaCl, avec des taux de germination qui varient de 1,4 à 57,1 %. Des résultats similaires ont été rapportés par de nombreuses études, portant aussi sur les Fabaceae des zones sèches, comme *Hedysarum flexuosum* (Medjebeur et al., 2018) et *Medicago ruthenica* (Guan et al., 2009).

Nombreux ouvrages ont discuté l'effet de la salinité sur la germination (Hajlaoui et al., 2007 ; Ndiaye et al., 2014 ; Rajput et al., 2014 ; Camara et al., 2018 ; Kheloufi, 2019). Ils montrent que la salinité peut agir de deux manières sur la germination. La forte concentration saline peut produire une diminution du potentiel osmotique, qui entraîne un retardement de l'absorption d'eau nécessaire pour la germination. Ce premier effet est réversible pour la graine, c'est-à-dire qu'elle peut germer après cette dépression osmotique (Prado et al., 2000). Ce premier effet est mis en évidence pour le cas de *Delonix floribunda*. Pour cette espèce, la première germination avec la solution 2 g/L NaCl a été décelée six (06) jours après semis, mais deux (02) jours pour le témoin (eau désalinisée). Ce résultat est similaire à ce rapporté par Kheloufi (2019), qui indique que la forte concentration saline retarde la première germination en raison de la perturbation osmotique.

L'accumulation des ions Na^+ et Cl^- dans l'embryon induit une altération des processus métaboliques, entraînant la mortalité de celui-ci par l'excès d'ions (Hajlaoui et al., 2007 ; Mohammed et Zoheir, 2015). Ce deuxième effet est irréversible pour la graine, induisant une perte totale de sa viabilité. Ce dernier effet est mis en évidence dans cette étude, vu le résultat obtenu avec le test réversibilité de la salinité qui reste nul pour toutes les espèces étudiées. Pour *Albizia mahalao*, *Albizia tulearensis* et *Vachellia bellula*, la première germination et la durée de germination ne sont pas affectés par la salinité. Pour ces trois espèces, la germination a commencé à partir du 2^e jour après semis et achevé trois (03) jours après. Ceci est en accord avec l'étude de Ndiaye et al. (2014) sur l'espèce *Gossypium hirsutum*.

Concernant les substrats, la structure du sol dans la zone d'étude est de type sableux, ce qui favorise une bonne humidité et une bonne aération pour les racines des plantules. Ceux qui expliquent les taux de germination importants avec les quatre substrats. Dans cette étude, les taux de germination varient très significativement avec les substrats, ce qui confirme la troisième hypothèse énoncée. Parmi les quatre substrats testés, le sol calcaire et le sol mélangé constituent les sols les plus favorables à la germination. Pour *Albizia mahalao* et *A. tulearensis*, le taux de germination le plus élevé est obtenu avec le sol calcaire. Cela pourrait être expliqué

par l'adaptation de cette espèce avec ce type du sol, qui est caractérisé par sa capacité de rétention d'eau permettant une bonne humidité de graines. *Tamarindus indica*, *Tetrapterocarpon geayi* et *Vachellia bellula* s'adaptent mieux avec le sol mélangé. Cela pourrait être expliqué par l'équilibre entre les trois types de sols, notamment le sol calcaire qui apporte plus d'argile (7,18 %), les sols sableux et ferrugineux qui contiennent plus de limon (5,9 à 9,4 %). Pour *Delonix floribunda*, le taux de germination en fonction des substrats sont plus ou moins similaires comprise entre 78,2 à 80,3 %. Ces taux expliquent l'adaptation de cette espèce aux différents substrats rencontrés dans le Parc National de Tsimanampetsotsa, allant des forêts sèches sur le sol sableux, des fourrées xérophiiles sur le sol calcaire et des forêts sèches sur le sol ferrugineux.

Les substrats conditionnent la viabilité des plantules, ce qui confirme la deuxième partie de la troisième hypothèse. *Tamarindus indica* et *Delonix floribunda* représentent les espèces les plus adaptées aux différents substrats testés. Leur taux de viabilité avec les quatre substrats ne présente qu'une faible diminution. L'adaptation de ces deux espèces pourrait être expliquée par leur calibre de graines plus grosses, avec des poids moyens respectifs de 0,7 et de 0,9 g. La bonne croissance de ces deux espèces est aussi en relation avec leurs calibres de graines.

Pour *Vachellia bellula*, le sol mélangé maintient la viabilité des plantules, comparable au résultat sur l'effet des substrats sur la germination. Pour *Albizia mahalao*, *Albizia tulearensis* et *Tetrapterocarpon geayi*, le sol calcaire enregistre le taux de viabilité le plus élevé. Ceci pourrait être expliqué par l'adaptation de ces espèces avec ce type de sol. De plus, la capacité de rétention d'eau du sol calcaire permet de maintenir une bonne humidité pour les plantules. La vitesse de croissance pour ces quatre espèces est inférieure à celle de *Delonix floribunda* et de *Tamarindus indica*. Cela peut être expliqué également par les calibres de graines de ces espèces, avec un poids moyen inférieur à 0,1 g. Ceci confirme alors que la croissance au stade juvénile est fortement liée au calibre de graines. La diminution importante du taux de viabilité avec le sol sableux et le sol ferrugineux pourrait être expliquée par la composition de ces deux substrats, qui se caractérisent par une faible teneur en matière organique, qui est comprise entre 1 à 2 % (Razanaka, 1996). De plus, le sol ferrugineux et le sol sableux se caractérisent par un pH acide, avec une valeur respective à 5 (Razanaka, 1996) et 6 (Maignien, 1968). L'acidité de ces deux substrats pourrait être influencée sur la germination des graines. De plus, la salinité de l'eau utilisée pour l'arrosage induit également la mortalité des plantules. D'autres facteurs pourraient avoir une influence sur la viabilité des plantules, comme la température élevée (37,5 °C),

induisant une forte évaporation des plantules et entraînant la propagation des parasites pour les plantules.

Les résultats révèlent que les substrats n'affectent pas en général sur la croissance des plantules. Cela rejette la dernière partie de la troisième hypothèse qui s'énonce que les substrats conditionnent la vitesse de croissance des plantules. Un suivi à long terme, de 3 à 5 mois pourrait aider à apprécier la différence au niveau de la vitesse de croissance des plantules en fonction des quatre substrats. Parmi les quatre substrats testés, le sol calcaire favorise la croissance en hauteur et l'apparition des feuilles pour les six espèces, sauf *Tamarindus indica* et *Vachellia bellula* qui préfèrent le sol mélangé.

Les quatre facteurs étudiés influencent les taux de germination de graines. Cela indique que la germination des graines dépend d'une part par des facteurs externes, tels que la salinité de l'eau et la texture du sol. D'autres facteurs comme la température, la photopériode, la luminosité, l'humidité aussi s'interagissent au moment de la germination, ce qui pourrait causer la mauvaise germination pour certaines espèces et entraînant la mortalité des plantules. D'autre part, cette étude a permis de dégager que la germination et la croissance est conditionnée par les facteurs internes des graines, particulièrement le calibre de graines, qui informe la qualité et la quantité de réserve. L'analyse de la viabilité et la croissance des plantules révèle que les deux espèces à grosses graines, à savoir *Delonix floribunda* et *Tamarindus indica* résistent mieux aux diverses contraintes, comme la salinité de l'eau durant le stade juvénile. Les espèces à petites graines sont fragiles au moment de la germination et surtout au stade juvénile. Ceci est en accord avec les travaux de Kafando (2016) sur l'espèce *Prosopis africana*, qui confirme que la vigueur des plantules dépend du poids de graines. Carrière (1989) a mentionné aussi que les espèces à grosses graines résistent mieux aux contraintes hydriques, se manifestent par la forte évapotranspiration dû à l'élévation de la température.

Recommandation

Les résultats de cette étude expliquent alors la faible régénération naturelle de ces espèces dans la forêt due aux facteurs internes et externes des graines. Pour la future production à grande échelle, quelques recommandations sont émises afin d'assurer la qualité et la quantité des jeunes plants et pour éradiquer la mortalité précoce des plantules en pépinière.

Pour protéger les jeunes plants au vent sec et violent dans la Région Sud-Ouest, notamment le «Tsiokatimo », la mise en place d'un brise-vent dans la pépinière, avec une hauteur ne dépassant pas le 1 m est utile. En cas de la propagation des insectes et des

bioravageurs sur les plantules, l'utilisation des bioinsecticides est intéressante. La dilution du tabac durant une semaine avec de l'eau ordinaire permet de lutter contre les aleurodes, qui attaquent les feuilles et les tiges des plantules.

Les résultats obtenus lors de cette étude peuvent être extrapolés pour une production à grande échelle, afin d'assurer la restauration des habitats dégradés et le reboisement des bois d'œuvre pour la population. Pour assurer la bonne croissance des jeunes plants cultivés après reboisement, des suivis à long terme des jeunes plants sont alors essentielles. La protection contre les feux de brousse et la divagation des bétails seraient indispensables. La conservation des graines est recommandée pour le Parc National de Tsimanampetsotsa et pour la population locale afin de produire des jeunes plants tout au long de l'année pour la reforestation. La vulgarisation de ces techniques au niveau de la population locale et de la pépinière villageoise est alors intéressante afin d'améliorer la production des jeunes plants pour le reboisement. Une brochure présentée à la fin de ce document (Annexe VII) a été préparée pour résumer les conditions appropriées pour chaque espèce

CONCLUSION

Cette étude a permis de déterminer et d'identifier les itinéraires techniques pour la production des jeunes plants d'*Albizia mahalao*, d'*Albizia tulearensis*, de *Delonix floribunda*, de *Tamarindus indica*, de *Tetrapterocarpon geayi* et de *Vachellia bellula* dans la Région Atsimo-Andrefana. L'ensemble des résultats permet de résoudre les problèmes de la régénération naturelle très rare des six espèces de Fabaceae. Les résultats révèlent également les conditions idéales propres à viabilité et leur croissance.

Les taux de germination varient selon les traitements appliqués. Parmi les prétraitements, la scarification manuelle des graines admet le taux de germination le plus élevé pour toutes les espèces. Les résultats du test lié au calibre de graines exposent que les gros et les moyens calibres présentent la meilleure capacité germinative. Parmi les quatre substrats, le sol calcaire et le sol mélangé représentent les substrats favorables, non seulement pour la germination, mais également pour la viabilité et la croissance des plantules. L'analyse de l'effet de la salinité sur la germination révèle que les six (06) espèces étudiées, sauf *Vachellia bellula* sont non tolérantes à la salinité au moment de la germination. Au moment de la croissance, *Delonix floribunda* et *Tamarindus indica* résistent mieux face aux divers facteurs abiotiques extrêmes du milieu, notamment la salinité et la température élevée. L'ensemble des résultats vérifient les trois hypothèses énoncées.

Le succès de ce travail mérite son expansion au niveau local, régional et aussi national. La vulgarisation des techniques adoptées lors de cette étude est intéressante pour la production des autres espèces de Fabaceae des zones sèches. Cette approche pourrait aussi être appliquée à d'autres essences forestières. Les résultats obtenus contribueraient à la valorisation de ces six espèces dans les programmes de reboisement du Parc National de Tsimanampetsotsa et de l'Association Analaso, afin de lutter contre la désertification et pour créer des biotopes favorables pour la conservation de la biodiversité animale et végétale.

En perspective, l'évaluation de l'effet de la durée d'entreposage et de la provenance des graines ainsi que l'effet de la maturité des semenciers sur la germination complètent cette étude, tout en améliorant la capacité germinative des graines. L'étude des autres facteurs pourraient influencer sur la germination des graines est essentielle, comme la température et le stress hydrique.

BIBLIOGRAPHIE

- Ahoton, L.E., Adjakpa, J.B., Ifonti M'po, I. M., et Akpo, E.L., 2009.** Effet des prétraitements des semences sur la germination de *Prosopis africana* (Guill., Perrot. et Rich.) Taub. (Césalpiniacées). *Tropicultura*. 27(4) : 233–238.
- Ajiboye, A.A., 2010.** Dormancy and seed germination in *Tamarindus indica* (L.). *The Pacific Journal of Science and Technology*. 464–470.
- Amonum, J. I., Sumaduniya, F., et Amusa, T. O., 2020.** Effects of seed size on the germination and early growth of African Baobab (*Adansonia digitata* L.). *Asian Journal of Research in Agriculture and Forestry*. 6(2) : 1–7.
- ANGAP, 2001.** *Plan de gestion de la conservation de la réserve spéciale de Tsimanampetsotsa*. ANGAP, Antananarivo.
- APG IV, 2016.** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 181 : 1–20.
- Antsonantenainarivony, O., 2017.** Parcours naturels du plateau Mahafaly (Sud-Ouest de Madagascar), groupements végétaux, espèces fourragères et leur valorisation. Thèse doctorat en Sciences de la Vie et de l'Environnement. Université d'Antananarivo. 118 p.
- Assaba, E.I, Yolou, M., Vodounon, H.S.T., et Ouenum, G.A., 2018.** Caractéristiques des graines d'ignames cultivées du complexe d'espèces *Dioscorea cayenensis*, *Dioscorea rotunda* et évolution du taux de germination des graines. *Afrique Sciences*. 14 : 195–208.
- Assongba, Y. F., Julien, G. D., et Brice, S., 2013.** Capacité de germination de *Dialium guineense* willd (Fabaceae) une espèce Agroforestière. *Journal of Applied Biosciences*. 62 : 4566–4581.
- Azad, M.S., Nahar, N., et Matin, M.A., 2013.** Effects of variation in seed sources and pre-sowing treatments on seed germination of *Tamarindus indica* : a multi-purpose tree species in Bangladesh. *Forest Science and Practice*. 15(2): 121–129.
- Bacchetta, G., Fenu, G., Mattana, E., Piotto, et Virevaire, M., 2006.** *Manuel pour la récolte l'étude, la conservation et la gestion ex situ du matériel végétal*. Édition en français, corrigée et amendée à partir de l'original en italien. 187 p.
- Bamba, N., Ouattara, N. D., Konan, D., Bakayoko, A., et Bi, F. H. T., 2018.** Effets de cinq prétraitements sur la germination du vène (*Pterocarpus erinaceus* Poir., Fabaceae) dans la Réserve du Haut Bandama (Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*. 30 : 438–454.

- Barbeiro, C., Firmino, T. P., Oler de Novaes, A. H., Romagnolo, M. B., et Pastorini, L. H., 2018.** Germination and growth of *Albizia niopoides* (Benth) Burkart (Fabaceae). *Biological Sciences*. 7 p.
- Baskin, J.M., et Baskin, C.C., 2004.** A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*. 14 : 1–16.
- Battistini, R., 1964.** Géographie humaine de la plaine côtière Mahafaly. Thèse de Doctorat. Toulouse, France. 198 p.
- Bello, A.G., et Gada, Z.Y., 2015.** Germination and early growth assessment of *Tamarindus indica* L. in Sokoto State, Nigeria. *International Journal of Forestry Research*. 5 p.
- Bewley, J.D., 1997.** Seed germination and dormancy. *The Plant Cell*. 9 : 1055–1066.
- Camara, B., Sanogo, S., Cherif, M., et Kone, D., 2018.** Effet du stress salin sur la germination des graines de trois légumineuses (*Phaseolus vulgaris*, *Glycine max* et *Vigna unguiculata*). *Journal of Applied Biosciences*. 124 : 12424–12432.
- Camefort, H., et Boue, H., 1979.** Reproduction et biologie des végétaux supérieurs, 2^e édition. Paris. 436 p.
- Capuron, R., 1957.** Introduction à l'étude de la flore forestière de Madagascar. 125 p.
- Carrière, M., 1989.** Les communautés végétales sahéliennes en Mauritanie (Région de Kaedi), analyse de la reconstitution annuelle du couvert herbacé. Thèse doctorat sciences. Université de Paris-Sud, Orsay. 238 p.
- Chipti, T., Ibrahim, M.A., Islam, S., et Koorbanally, N.A., 2013.** In vitro antioxydant activities of leaf and root extracts of *Albizia antunesiana* harms. 70 (6) : 1035–1043.
- Côme, D., 1970.** *Les obstacles à la germination*. Paris. Masson et Cie. 16 p.
- Côme, D., 1992.** *Les végétaux et le froid*. Éditeurs des sciences et des arts. Paris. 599 p.
- Côme, D., 1993.** Rôle des facteurs du milieu dans la germination et la survie des semences. Actes finaux du symposium du groupe de travail IUFRO P.2.04.00, «Problèmes des semences forestières notamment en Afrique», Ouagadougou (Burkina Faso). 131–142.
- Costa, C. R. X, Pivetta, K. F. L, Souza, G. R. B, Mazzini-Guedes, R.B., Pereira, S. T. S., et Nogueira, M. R., 2018.** Effects of temperature, light and seed moisture content on germination of *Euterpe precatoria* Palm. *American Journal of Plant Sciences*. 9 : 98–106.
- CREAM, 2013.** Centre de recherches, d'études et d'appui à l'analyse économique à Madagascar. *Monographie de la Région Atsimo-Andrefana*. 154 p.
- Danthu, P., Roussel, J., et Neffati, M., 2003.** *Acacia raddiana*, un arbre des zones arides à usages multiples ». In Grouzis M., Le Floc'h E. Un arbre au désert, *Acacia raddiana* Paris. IRD Éditions. 21–58.

- Du Puy, D. J., 2001.** *The Leguminosae of Madagascar*. Royal Botanic Gardens, Kew. 722 p.
- Eve, R., et Pers, A., 2014.** *Parc National Tsimanampetsotsa. Madagascar National Park*.
Projet de Promotion des Parcs Nationaux Kirindy Mitea et Tsimanampetsotsa. 104 p.
- Foley, M.E., 2001.** Seed dormancy: an update on terminology, physiological genetics, and quantitative trait loci regulating germinability. *Seed Science*. 49 : 305–317.
- Futura-Sciences, 2022.** Eau saumâtre, qu'est-ce que c'est. Océanographie, Géologie, Développement Durable. Accédé sur www.futura-sciences.com le 10 juillet 2022.
- Gallé, J.B., Groeber, S., Ledoux, A., et Nicolas, J. P., 2014.** *Quelques plantes employées dans le Sud-Ouest de Madagascar*. Ethnobotanique, Monographies scientifiques. Jardins du Monde. 162 p.
- Garba, A., Amani, A., Karim, S., Morou, B., Sina, A. K. S., et Mahamane, A., 2020.** Effets des prétraitements sur la germination des graines de *Tamarindus indica* L. (Fabaceae-Ceasalpinoideae) en pépinière : proposition pour une restauration de l'espèce au Sahel. *Journal of Applied Biosciences*. 149 : 15362–15378.
- Gausson, H., 1955.** Détermination des climats par les courbes ombrothermiques. Comptes rendus de l'académie des sciences. Paris. 642–643.
- Gebauer, J., El-Siddig, K., Salih, A. A., et Ebert, G., 2004.** *Tamarindus indica* L. seedlings are moderately tolerant when exposed to NaCl-induced salinity. *Scientia Horticulturae*. 3 : 1–8.
- Gomes, C. D. L., Sá, J. M., Rodrigues, M. H. B. S., Sousa, V. F. O., Bomfim, M. P., 2019.** Production of *Tamarindus indica* L. seedlings submitted and pre-germination methods. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*. 49. 9 p.
- Goodman, S. M., et Jungers, W. L., 2013.** Les animaux et écosystèmes de l'holocène disparus de Madagascar. Association Vahatra. Antananarivo, Madagascar.
- Guan, B., Zhou, D., Zhang, H., Tian, Y., Japhet, W., et Wang, P., 2009.** Germination responses of *Medicago ruthenica* seeds to salinity alkalinity and temperature. *Journal of Arid of Environments*. 73 : 135–138.
- Hajlaoui, H., Denden, M., et Bouslama, M., 2007.** Étude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois de chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade de germination. *Tropicultura*. 25 : 168–173.
- Heller, R., Esnault, S., et Lance, C., 1990.** *Physiologie Végétale*. Masson Paris. 16 p.
- Ibrahim, H.S., et Hawramee, O.K.A., 2019.** Impact of acid scarification and cold mist stratification on enhancing seed germination and seedling early growth of *Albizia lebbek* (L.) Benth. *Mesopotamia Journal of Agriculture*. 47(2). 13 p.

- Jaganathan, G.K. Wu, G-R., Han, Y.Y., et Liu, B.L., 2016.** Role of the lens in controlling physical dormancy break and germination of *Delonix regia* (Fabaceae : Caesalpinioideae). *Plant biology*. 8 p.
- Jaouadi, W., Hamrouni, L., Souayeh, N., et Khouja, M. L., 2010.** Étude de la germination des graines d'*Acacia tortilis* subsp. *raddiana* sous différentes contraintes abiotiques. *Biotechnology Agronomy Sociology and Environment*. 14(4) : 643–652.
- Kaboneka, S., Ndayshimiye, J., Nkurunziza, C., Ndorere, V., Nyengayenge, D., et Ndayiasaba, D., 2020.** Adaptation et croissance des *Acacia* australiens introduits au Burundi. *Revue de l'Université de Burundi. Série-Sciences Exactes et naturelles*. 45–55.
- Kafando, W.C.B.I., 2016.** Étude des caractéristiques morphologiques des graines et des paramètres de croissance de *Prosopis africana* (Guill. & Perr.) en pépinière de vingt provenances de trois pays sahéliens Ouest Africains. *Diplôme d'Ingénieur du Développement Rural : Option Eaux et Forêts*. 46 p.
- Kheloufi, A., 2019.** Contribution à l'étude de la sécheresse et du stress salin sur l'écophysiole des espèces d'*Acacia* en Algérie. *Thèse de Doctorat en Biologie*. Département Ecologie et Environnement. Université de Batna 2. 118 p.
- Koechlin, J., Guillamet, J.-L., et Morat, P., 1974.** *Flore et végétation de Madagascar*. J. Cramer, Vaduz. 645 p.
- Krisnawati, H., Kallio, M., et Kanninen, M. 2011.** *Acacia mangium* Willd. *Ecology, silviculture and productivity*. 15 p.
- Kruskal, W.H., et Wallis, W.A., 1952.** Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American*. 47: 583–621.
- Kucera, B., Cohn, M.A., et Leubner-Metzger, G. 2005.** Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. *Seed Sciences Research*. 15 : 281–307.
- Laouali, A, Iro, D. G., Abdoullatif, Y.T, Habou1, R., et Mahamane, A., 2015.** Étude de la germination de la graine et suivi de la croissance en pépinière de *Prosopis africana* (G. et Perr.) Taub., espèce menacée de disparition au Niger. *Annales de l'Université Abdou Moumouni, Tome XVIII-A*. 1–12.
- MacDonald, I., Omonhinmin, A. C., et Ogboghodo, I.A., 2002.** Germination ecology of two savana tree species, *Tamarindus indica* and *Prosopis africana*. *Seed Technology*. 24 : 103–107.
- Maignien, R., 1968.** Les sols ferrugineux tropicaux : unités pédogénétiques. *Reunion annuelle des pédologues*. Bondy. 35 p.

- Mann, H., Wilcoxon, F., et Whitney, D., 1947.** On a test of whether one two random variables is stochastically larger than the other. *Annals of Mathematical Statistics*. 18(1) : 50–60.
- Mansouri, L.M., et Kheloufi, A., 2021.** La taille de graines comme prédicteur de germination chez *Myrtus communis* L., un arbuste à potentiel fourrager. Department of Ecology and Environment. Faculty of Natural and Life Sciences, University of Batna 2, Algeria.
- Medjebeur, D., Hannachi, L., Ali-Ahmed, S., Metna, B., et Abdelguerfi, A., 2018.** Effet de la salinité et du stress hydrique sur la germination des graines de *Hedysarum flexuosum* (Fabaceae). *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*.73 : 318–329.
- Missanjo, E., Maya, C., Kapira, D., Banda, H., et Kamanga-Thole, G., 2013.** Effect of seed size and pretreatment methods on germination of *Albizia lebbek*. *Hindawi Publishing Corporation*. 4 p.
- Mohammed, D., et Zoheir, M., 2015.** Optimisation de la germination des graines de *Marrubium vulgare* L. en provenance du mont de Tessala. *ResearchGate*.
- Morat, P., 1973.** Les savanes du sud-ouest de Madagascar. Mémoires ORSTOM. 68 : 1–236.
- Mougal, R.T., 2015.** Cours de physiologie végétale. Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires (I.N.A.T.A.A). Université Frères Mentouri Constantine.
- Nabila, E.A., 2015.** Analyse de la variabilité génétique de la réponse à la température pendant la germination chez différentes populations de *Lolium perenne* (L.). 25 p.
- Ndiaye, A., Faye, E., et Tourré, M. A., 2014.** Effets du stress salin sur la germination des graines de *Gossypium hirsutum* L. *Journal of Applied of Biosciences*. 80 : 7081–7092.
- Niang-Diop, F, Sambou, B., et Lykke. A. M., 2010.** Contraintes de régénération naturelle de *Prosopis africana* : facteurs affectant la germination des graines. *International Journal Biology and Chemical Sciences*. 1693–1705.
- Odirile, O., Mojeremane, W., Teketay, D., Keotsthepile, K., et Mathowa, T., 2019.** Responses of seeds of *Vachellia erioloba* (E. MEY) P. J. H. Hurter in Botswana to different pre-sowing treatment method. *International Journal of Biology and Biotechnology*. 16(1) : 181–188.
- Offiong, M.O., 2008.** Variation in growth and physiological characteristic of *Xylopia aethopica* (DUNAL). A rich from Akwa-Ibom and Cross River States. Unpublished Ph.D Thesis. Department of Forest Resources Management. University of Ibadan, Ibadan. 255 p.
- Ohow, P.W., Offiong, M.O., Udofia, S.I., et Ekanem, V.U., 2011.** Effects of seed size on germination and early morphological and physiological characteristics of *Gmelina arborea*, Roxb. *An International Multidisciplinary Journal. Ethiopia*. 5(6) : 422–433.

- Phillips, O.L., et Gentry, A.H., 1993.** The useful plants of Tambopata, Peru. II. Additional hypothesis testing in quantitative ethnobotany. *Economic Botany*. 47 : 33–43.
- Phillipson, P.B., Schatz, G.E., Lowry, P.P., et Labat, J-N., 2006.** A catalogue of the vascular plants of Madagascar. *Royal Botanic Garden*. 613–627.
- Prado, F.E., Boero, C., Gallardo, M., et Gonzalez, J.A., 2000.** Effect of NaCl on germination, growth and soluble sugar content in *Chenopodium quinoa* Willd. Seeds. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*. 41 : 27–34.
- Pote, J., Shackleton, C., Cocks, M., et Lubke, R., 2006.** Fuelwood harvesting and selection in Valley Thicket, South Africa. *Journal of Arid Environments*. 67 : 270–287.
- Rabemirindra, H. A., 2015.** Reproduction et production de biomasse d'*Euphorbia stenoclada* Baill (Samata) sur le Plateau Mahafaly, Sud-Ouest de Madagascar. Mémoire DEA. Département Biologie et Ecologie Végétale. Université d'Antananarivo. 61 p.
- Rafidison, V., Ratsimandresy, F., Rakotondrajaona, R., Rasamison, V.E., Rakotoarisoa, M., Rakotondrafara, A., et Rakotonandrasana, S. R., 2019.** Synthèse et analyse de données sur les inventaires des plantes médicinales de Madagascar. *Ethnobotany Research and Applications*. 19 p.
- Raherilalao, M. J., et Wilmé, L., 2008.** L'avifaune des forêts sèches malgaches. In Les forêts sèches de Madagascar. *Malagasy Nature*. 1 : 76–105.
- Rajput, K.S., Kushwaha, N.K., et Gupta, R., 2014.** Germination profile of babul (*Acacia nilotica*) under different salinity conditions. *International Journal of Agriculture Environment and Biotechnology*. 7(4) : 833–838.
- Rakotomalala, D., 2008.** La création des aires protégées dans le Sud et Sud-Ouest de Madagascar : approche et méthodologie. Les forêts sèches de Madagascar. Goodman, S. M. & Wilmé, L. *Malagasy Nature*. 1 : 168-181.
- Ranaivoson, T., Brinkmann, K., Rakouth, B., et Buerkert, A., 2015.** Distribution, biomass and local importance of Tamarind trees in South-Western Madagascar. *Global Ecology and Conservation*. 4 : 14–25.
- Randriamalala, J. R., Radosy, H. O., Razanaka, S., Randriambanona, H., et Hervé, D., 2016.** Effects of goat grazing and woody charcoal production on xerophytic thickets of southwestern Madagascar. *Journal of Arid Environments*. 128 : 65–72.
- Randriamanantsoa, L.A. Randriamampianina, L.J., Randrianarivo, H.R., Rakoto, D.A. Petit.T., et Jeannoda, V.L., 2020.** Antimicrobial activity of *Albizia tulearensis*, an endemic Fabaceae from Madagascar. *World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences*. 2(3) : 030–043.

- Rao, N.K, Hanson, J, Dulloo, M. E, Ghosh, K., Nowell, D., et Larinde, M., 2006.** Manuel de manipulation des semences dans les banques de gènes. *Manuels pour les banques de gènes*. Bioversity International, Rome.
- Raoliarivelo, L. I. B., Rabeniala, R., Masezamana, H. N., Andrianarisoa, J. H., et Rاندriamalala, R. J., 2010.** Impact de la fabrication de charbon de bois sur la production et la disponibilité fourragère de pâturage en zone subaride, cas de la Commune de Soalara-Sud, Toliara II. Q909 project final report, DERAD, Eastern and Southern Africa Partnership Program, Antananarivo.
- Raselimanana, A. P., 2008.** Herpétofaune des forêts sèches malgaches. In Les forêts sèches de Madagascar. *Malagasy Nature*. 1 : 46–75.
- Ratovonamana, R. Y., 2016.** Analyse floristique et structurale des différentes formations végétales, habitats de *Microcebus griseorufus* dans le Parc National de Tsimanampesotse. Thèse de Doctorat en Science de la vie et de l'Environnement. Université d'Antananarivo. 148 p.
- Razanaka, S.J., 1996.** Répartition des espèces xérophiles dans le Sud-Ouest de Madagascar. *Biogéographie de Madagascar*. 171–176.
- Rodier, J., 1996.** *L'analyse de l'eau : eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer*. 8^e édition, Dunot, Paris. 1383 p.
- Sajeevukumar, B., Sudhakara, K., Ashokan, P.K., et Gopikumar, K., 1995.** Seed dormancy and germination in *Albizia falcataria* and *Albizia procera*. *Journal of Tropical Forest Science*. 7(3) : 371–382.
- Samb, C. O., Niang, M., Samba, A. N. S., Sall, M. N., Cisse, N., Diouf, M., et Van Damme, P., 2015.** Étude de la germination de cinq provenances de *Tamarindus indica* L. en conditions de stress hydrique au Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 9(2) : 838–846.
- Schatz, G.E. 2001.** Flore Générique des Arbres de Madagascar. Royal Botanical Garden, Kew & Missouri Botanical Garden. 516 p.
- Shapiro, S.S., et Wilk, M.B., 1965.** An analysis of variance test for normality (complete samples), *Biometrika*. 52 : 591–611.
- Sourdat, M., 1970.** Schéma de réflexion sur la dégradation des paysages naturels dans le Sud-Ouest de Madagascar. L'utilisation Rationnelle et la Conservation de la Nature. 10 : 7–11.
- Tremblin, G., et Binet, P., 1984.** Halophilie et résistance au sel chez *Halopeplis amplexicaulis* (Vahl) Ung. *Ecology of Plant*. 5 : 291–293.

- Tybirk, 1991.** Régénération des légumineuses ligneuses du Sahel. University of Aarhus, Botanical Institute, AAU Reports. 28 : 1–86.
- UICN, 2022.** Union Internationale pour la Conservation de la Nature. www.iucn.redlist.org.
Accédé le 16 mai 2022.
- Vallée, C., Bilodeau, G., et Cegep J. D. L., 1999.** Les techniques de culture en multicellulaires. Institut Québécois du développement de l'horticulture ornementale. *Technology and Engineering*. 394 p.
- Willan, R.L., 1992.** Guide de manipulation des semences forestières (dans le cas particulier des régions tropicales). Étude FAO Forêts. <https://www.fao.org/3/ad232f/ad232f01.htm>
- Wojciechowski, M.F., Lavin, M., et Sanderson, M.J., 2004.** A phylogeny of Legumes (Leguminosae) based on analysis of the plastid MATK gene resolves many well-supported subclades within the family. *American Journal of Botany*. 11, 1846 p.
- WWF, 2021.** La flore extraordinaire du Sud-Ouest. Accédé sur www.wwf.mg/breves/?uNewsID=3515466 le 01 juillet 2022.
- Youngouda, H., Claudette, B., Steve, K. F. B. F., et Marie, M. P., 2020.** Effet de prétraitements sur la germination des semences d'*Acacia senegal* (L.) Willd. (Mimosaceae) dans la Zone Sahélienne du Cameroun. *European Scientific Journal*. 264–274.

ANNEXES

Annexe I : Données climatiques du Parc National de Tsimanampetsotsa entre 2015 à 2021.
(Source : Station d'Andranovao).

	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J
P (mm)	8,1	0,0	11,5	18,7	23,0	21,6	85,0	111,2	24,4	7,5	3,0	32,8
T min (°C)	14,0	14,1	16,4	18,9	20,1	22,8	23,7	23,7	22,7	20,4	16,9	15,6
T max (°C)	29,0	31,2	33,1	35,5	35,7	37,0	37,5	36,6	36,1	34,4	31,0	29,2
T moy (°C)	20,8	21,8	23,7	26,4	27,2	29,5	29,9	29,4	28,5	26,7	23,1	21,8

P : Précipitation moyenne ; **T min** : Température minimale moyenne ; **T max** : Température maximale moyenne ; **T moy** : Température moyenne

Annexe II : Fiche d'enquête

N° informateur :

Date :

Site :

Village :

Nom de l'informateur :

Sexe :

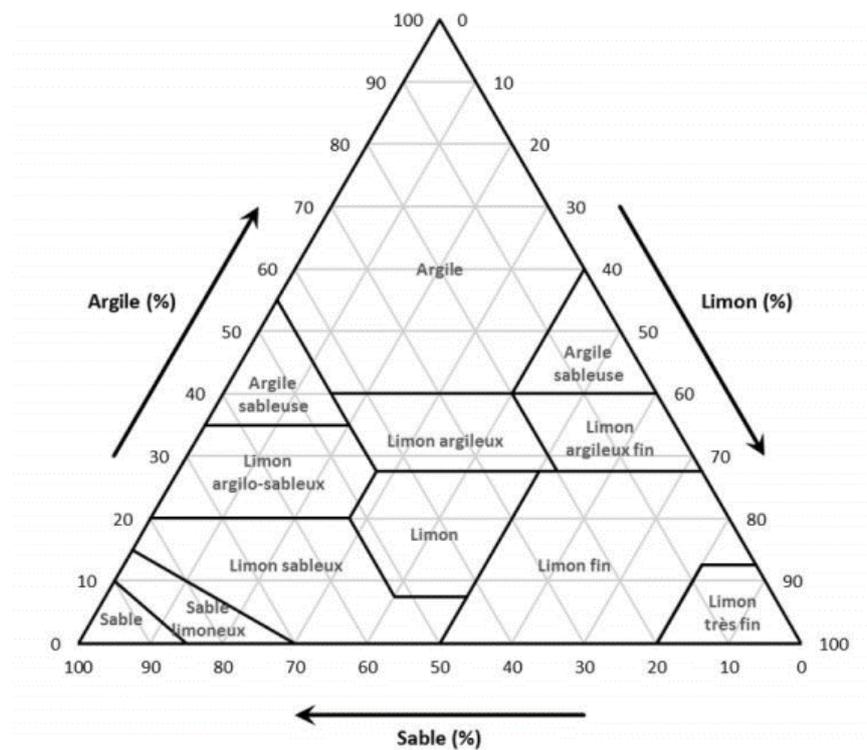
Espèces	Types d'utilisation	Partie utilisée	Mode d'emploi	Remarque

Annexe III : Classification de la qualité des eaux en fonction des conductivités électriques

Types d'eau	Conductivité électrique (µs/cm)
Eau pure	< 100
Eau douce peu minéralisée	100 à 200
Eau de minéralisation moyenne	250 à 500
Eau très minéralisée	1000 à 2500

(Source : Rodier, 1996)

Annexe IV : Triangle textural (source : United States Departments of Agriculture).



Annexe V : Fiche de relevé : Germination

Date d'OBS	Date du semis	Espèce	Facteurs	Modalités	Jours	Nb_graines semées	Nb_graines germées	OBS

OBS : Observation

Nb_graines : nombre de graines

Annexe VI : Fiche de relevé : Croissance des plantules

Date d'OBS	Date du semis	Espèce	Facteurs	Modalités	Jours après semis	N° individu	Hauteur	Nb_feuilles

OBS : Observation ; **Nb_feuilles :** nombre de feuilles

Annexe VII : Guide pratique pour la production des jeunes plants : *Albizia mahalao* (Balabake), *Albizia tulearensis* (Mendorave), *Delonix floribunda* (Fengoky), *Tamarindus indica* (Kily), *Tetrapterocarpon geayi* (Vaovy) et *Vachellia bellula* (Roindrano).

Randrianarisoa, H.D.S. 2022. Guide pratique pour la production des jeunes plants : *Albizia mahalao* (Balabake), *Albizia tulearensis* (Mendorave), *Delonix floribunda* (Fengoky), *Tamarindus indica* (Kily), *Tetrapterocarpon geayi* (Vaovy) et *Vachellia bellula* (Roindrano).
10 p.



GUIDE PRATIQUE POUR LA PRODUCTION DES JEUNES PLANTS



Albizia mahalao (Balabake), *Albizia tulearensis* (Mendorave), *Delonix floribunda* (Fengoky), *Tamarindus indica* (Kily), *Tetrapterocarpum geayi* (Vaovy) et *Vachellia bellula* (Roindrano)

RANDRIANARISOA Hanitriniala Domohina Sylvia

2022



Photos de couverture : jeunes plants dans la pépinière du campement de recherche d'Andranovao
Analamoa

Sommaire

- I. Contexte
- II. Objectif
- III. Collecte de graines
- IV. Préparation de graines
- V. Fiche technique :
 - * *Albizia mahalao*
 - * *Albizia tulearensis*
 - * *Delonix floribunda*
 - * *Tamarindus indica*
 - * *Tetrapterocarpon geayi*
 - * *Vachellia bellula*
- VI. Entretien des jeunes plants
- VI. Transplantation

I. Contexte

À l'égard de la dépendance de la population locale aux ressources forestières, surtout en zone semi-aride comme la Région Sud-Ouest, la production des jeunes plants s'avère nécessaire. Actuellement, les programmes de reboisement sont orientés vers la plantation des espèces introduites et la production des jeunes plants autochtones est très rare. Le problème sur la production des espèces locales réside sur le manque d'information germinative, qui est très loin d'être exploité à Madagascar.

Les espèces de Fabaceae sont communément utilisées par la population dans la Région Sud-Ouest de Madagascar, en tant que bois de construction, bois d'énergie, fourrage, plante médicinale, cosmétique à part de leur importance écologique. Vue les problèmes de dormance physiologique et morphologique de graines, leur taux de régénération naturelle est très faible. Pour pallier ces difficultés, la multiplication *ex-situ* est primordiale afin d'assurer leur utilisation durable. Un test de germination a été entrepris dans le Parc National de Tsimanampetsotsa pour six espèces endémiques: *Albizia mahalao*, *Albizia tulearensis*, *Delonix floribunda*, *Tamarindus indica*, *Tetrapterocarpon geayi* et *Vachellia bellula*.

II. Objectif

L'objectif de cette brochure est d'augmenter la production des jeunes plants et de résoudre le problème de germination pour ces espèces

- Pour : - la restauration forestière
- répondre aux besoins de la population locale
 - garantir la pérennité de ces espèces



Collecte de graines

Critères pour la collecte des graines

- ◆ Arbre sain
- ◆ Ni de senescence des feuilles
- ◆ Aucune trace de coupure
- ◆ Aucune trace de brûlure
- ◆ Ni enlèvement des écorces



Préparation de graines

- Enlèvement des cosses
- Enlèvement des graines attaquées par des insectes, vide immatures
- Triage : classement des graines selon leur dimension



Albizia mahalao (Balabake)

Espèce endémique de Madagascar

Arbre de 7 à 10 m de hauteur

Distribution : Sud-Ouest de Madagascar

Statut UICN : LC

Utilisation : bois d'énergie, bois de construction

* Écorce : utilisé en construction de maison

* Feuille : fourrage pour les bétails



Conditions de germination

Taille de graine : moyenne

Prétraitement : scarification manuelle

Substrat : sol calcaire

Tolérance à la salinité : Faible

Albizia tulearensis (Mendorave)

Espèce endémique de Madagascar

Hauteur : Arbre de 10 à 15 m

Distribution : Sud-Ouest de Madagascar

Statut UICN : LC

Utilisation : bois d'énergie, bois de construction, fourrage pour les bétails



Conditions de germination

Taille de graine : grosse

Prétraitement : scarification manuelle

Substrat : sol calcaire

Tolérance à la salinité : Faible

Delonix floribunda (Fengoky)

Espèce endémique de Madagascar

Hauteur : Arbre de 10 à 15m

Distribution : Sud-Ouest de Madagascar

Statut UICN : LC

Utilisation : bois d'énergie, fourrage pour les bétails, plante ornementale

* Graine : aliment

* Résine : aliment pour les humains, pour soigner la fracture des os

Conditions de germination

Taille de graine : moyenne

Prétraitement : scarification manuelle

Substrat : sol mélangé

1/3 sol calcaire + 1/3 sol sableux + 1/3 sol ferrugineux

Tolérance à la salinité : Faible



Tamarindus indica (Kily)

Espèce endémique en Afrique (Pantropical)

Hauteur : 10 à 15 m

Distribution: Afrique

Utilisation : alimentation, bois d'énergie, bois de construction et fourrage pour les bétails

Feuille : pour soigner la grippe, la fièvre et les maladies oculaires

Conditions de germination

Taille de graine : grosse

Prétraitement : scarification manuelle

Substrat : sol calcaire



Tetrapterocarpon geayi (Vaovy)

Espèce endémique de Madagascar

Hauteur : Arbre de 10 à 15 m

Distribution : Sud-Ouest de Madagascar

Statut UICN : LC

Utilisation : bois d'énergie, bois de construction, fourrage pour les bétails

Racine : pour soigner les maladies buccodentaires

Conditions de germination

Taille de graine : moyenne

Prétraitement : scarification manuelle

Substrat : sol mélangé

1/3 sol calcaire + 1/3 sol sableux + 1/3 sol ferrugineux

Tolérance à la salinité : Modérée



Vachellia bellula (Roindrano)

Espèce endémique de Madagascar

Arbre de 2 à 11m de hauteur

Distribution : Sud-Ouest de Madagascar

Statut UICN : LC

Utilisation : bois d'énergie

* Écorce : utilisé en construction de maison

* Feuille : fourrage pour les bétails

* Feuille : tisane après accouchement

Conditions de germination

Taille de graine : grosse

Prétraitement : scarification manuelle

Substrat : sol mélangé

1/3 sol calcaire + 1/3 sol sableux + 1/3 sol ferrugineux

Espèce tolérante à la salinité : Forte



Entretien des jeunes plants

Arrosage : une fois par jour, de préférence l'après-midi

Jeunes plants trop fragiles: arrosage avec une bouteille plastique percée sur le couvercle



Transplantation/Reboisement

Période propice pour le reboisement : durant la saison de pluie (Décembre - Mars)

Jeune plant prêt au reboisement :

- * âgé au moins trois (03) mois
- * ayant une hauteur 30 cm minimum
- * jeune plant sain

Trou : 40cm x 40cm x 40cm

REMERCIEMENT

Je tiens à remercier à toutes les personnes qui m'ont beaucoup aidé, de près ou de loin dans la réalisation de ce travail. J'adresse mes sincères remerciements à :

- ◆ Parc National Tsimanampetsotsa
- ◆ Institut d'Enseignement Supérieur Antsirabe - Vakinankaratra
- ◆ Docteur ANTSONANTENAINARIVONY Ononamandimby
- ◆ Docteur RATOvonamana Rakotomalala Yedidya
- ◆ RANDRIAMORA Nasolo Diary Nandrianina
- ◆ Tous les paraécologistes du campement de recherche Andranovao Analaso.



PUBLICATIONS

Publication 1 : Randrianarisoa, H.D.S., Razafimaharo, H., Antsonantenainarivony, O., 2019.
Apple varieties and production in the Vakinankaratra region Madagascar. Abstract for presentation at Tropentag 2019, to be held September 18-20 at the University of Kassel and Goettingen, Germany.



Tropentag, September 18-20, 2019, hybrid conference
“Can agroecological farming feed the world?
Farmers’ and academia’s views”

Apple varieties and production in the Vakinankaratra region Madagascar

HANITRINIALA DOMOHINA SYLVIA RANDRIANARISOA¹, RAZAFIMAHARO HANTANIRINA²,
ONONAMANDIMBY ANTSONANTENAINARIVONY³

¹*University of Antananarivo, Dept. of Environment, Madagascar*

²*University of Antananarivo, Dept. of Environment, Madagascar*

³*University of Antananarivo, Dept. of Biology and Plant Ecology, Dept. of Environment, Madagascar*

After a series of variety introductions, an inventory of variety resources must be set up to find out which varieties are actually retained by farmers. This study aims to know the different varieties of apples grown and to analyze the production of each variety in Vakinankaratra region of Madagascar. The method consists of conducting field surveys, direct observation and morphometric measurement to assess production. The characteristics of the different varieties and their respective productions are studied. As a result, 15 locally named varieties have been identified in these region. For each of them, several parameters were analyzed such as fruit color at maturity, shape, size, and taste to facilitate identification. The harvest period for these varieties is divided into 4 waves, beginning in December, January, February and April. Of these 15 varieties, Golden is the most adopted by apple growers, with an adoption rate of 50.81%, followed by Mamy (27.08%). The remains are between 0 and 6%. The 15 varieties are divided three group according fruit size : small (60 g), including Anna, Norvège, Dorset and Krismasy ; medium (140 g), such as Double red, Besaritaka, Melrose, Reinette grise, Goldena and Mamy ; and large size more than 150 g, including Mitsy, Granny Smith, Fisakana, Calville and Golden. Golden is the most successful both in terms of number of fruits (more than 430 fruits/ind) and production per individual tree (60 kg/ind). The Goldena and Krismasy varieties are the lowest (less than 100 fruits/ind and around 6 kg/ind). Most produce between 100 to 400 fruits/ind and 10 to 50 kg. All the results on varietal characteristics can then provide a baseline data on the future of apple production.

Key words: apple, varieties, production, *Malus domestica*, Vakinankaratra

Publication 2 : Randrianarisoa, H.D.S., Razafimaharo, H., Rasamison, V.E., Antsonantenainarivony, O., 2019. Étude comparative des variétés de pomme cultivées dans les Communes de Soanindrariny et de Tsarahonana-Sahanivotry, District d'Antsirabe II. Présentation dans le Salon de Recherche scientifique aux services de l'économie 5^e édition.



Etude comparative des variétés de pomme cultivées dans les Communes de Soanindrariny et de Tsarahonana-Sahanivotry, District d'Antsirabe II

Hambintiana Soanindrariny Sy Tsarahonana, Hantanimina Rasafimaharo
Vincent Enite Rasamison, Ononamandinty Antsonantenainarivony

Université d'Antananarivo - Institut d'Enseignement Supérieur d'Antsavoas-Valohankaratra




INTRODUCTION

Le pommier a pour nom scientifique *Malus domestica* et appartient à la famille Rosaceae. Il est originaire d'Asie centrale, mais est aujourd'hui répandu partout dans le monde avec environ 20 000 variétés. C'est une espèce des zones tempérées qui nécessite un hiver assez frais pour satisfaire ses besoins en froid hivernal lui permettant la levée de dormance. A Madagascar où il est connu sous le nom « Poama », les régions propices à sa culture comprennent : Ambohitra, l'Andiana, Ambohimamasoa, Ambohitamby et Antsirabe. Toutefois, la plantation à grande échelle s'opère dans la région de Vakinankaratra, notamment dans la partie Est du District d'Antsirabe II, à savoir les Communes rurales de Soanindrariny, d'Ambatomena, de Tsarahonana-Sahanivotry et d'Antanambao. En particulier, les Communes de Soanindrariny et de Tsarahonana-Sahanivotry occupent les premiers rangs en matière de production annuelle de pommes s'élevant à 16 tonnes en 2018. Cependant, d'après les enquêtes que nous avons effectuées, les pomiculteurs semblent avoir une préférence pour une variété de pomme plutôt qu'une autre dans leur activité de production. Aussi une étude comparative des différentes variétés cultivées dans les deux Communes a été entreprise afin d'obtenir des données de base indispensables pour l'orientation des éventuels projets d'amélioration de la filière pomme à Madagascar. Les objectifs spécifiques consistent à inventorier les différentes variétés cultivées dans les 02 Communes, déterminer et caractériser chaque variété recensée et quantifier la production pour chacune des variétés.

SITES D'ETUDE

Communes rurales de Soanindrariny et de Tsarahonana-Sahanivotry dans le District d'Antsirabe II

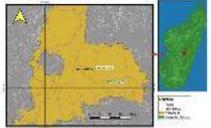


Figure 1: Carte de localisation de la zone d'étude

MATERIELS ET METHODES

Collecte des données
Enquêtes auprès des pomiculteurs

Interviews effectuées de façon structurée suivant une fiche d'enquête préalable :
 - Questions sur les profils des pomiculteurs et leur principale activité
 - Questions sur les différentes variétés de pommes
 - Questions sur les principaux problèmes autour de la filière pomme



Figure 2: Enquête auprès d'un pomiculteur à Mararano (Tarahonana-Sahanivotry)

Observation directe dans un verger
Observation de la couleur et de la forme à l'œil nu
Nomination des formes suivant la méthode de description des pommes en observant la proportion de la hauteur et du diamètre des fruits
Evaluation du goût par la dégustation et l'enquête

Mesures morphométriques
Mesure des poids et diamètres des fruits par variété à raison de 10 échantillons de fruits par variété
Pesée à l'aide d'une balance de précision pour avoir le poids moyen des fruits
Détermination de la charge moyenne en fruits par arbre à raison de 5 plants d'arbre par variété



Figure 3: Mesures morphométriques des fruits (a) passage (b) diamètre de la section équatoriale

RESULTATS

Variétés cultivées
Au total, 15 variétés de pommes ont été enregistrées durant les enquêtes (Tableau 1). Toutes les variétés sont recensées dans les 02 communes, excepté la variété Calville qui se trouve uniquement à Tsarahonana-Sahanivotry.

Proportions relatives des variétés cultivées
Les variétés Golden et Mamy sont les variétés les plus adoptées par les pomiculteurs avec des taux d'adoption respectifs de 50 et 27%. Puis les variétés Marange et Double red avec des taux d'adoption respectifs de 5,87 et 5,8%. Les autres variétés sont moins adoptées avec des taux inférieurs à 2 % (Figure 5).

Poids moyen des fruits
Les différentes variétés peuvent être classées en 03 grands groupes selon le poids moyen des fruits : celles qui ont des poids élevés entre 140 à 160 g (Milly, Granny Smith, Flakana, Golden, Double red, Calville) ; des poids moyens entre 70 à 100 g (Goldana, Mamy, Malrose, Rainette grise) et des poids faibles entre 50 à 60 g (Krisnazy, Dorset, Anna, Norvège) (Figure 6).

Production annuelle par pied
Les productions de différentes variétés peuvent être séparées en 03 catégories : production élevée entre 40 et 60 kg/pieds (Golden, Double red, Besartitaka, Mamy, et Granny Smith) ; production moyenne entre 20 et 40 kg/pieds (Flakana, Malrose, Milay, Norvège) et production faible avec moins de 20 kg/pieds (Goldana et Krisnazy) (Figure 7).

Problèmes affectant la production de pomme
Attaque des insectes ravageurs, les maladies des arbres et les phénomènes naturels.



Figure 4: Insectes et maladies des pommiers (a) Fungaloides ; (b) Blatelles ; (c) fixation de fruit ; (d) pourriture de fruits

DISCUSSION

L'analyse des données obtenues a permis de former 04 groupes qui réunissent les variétés les plus performantes selon les critères considérés :

- Groupes 1 : les 05 variétés Calville, Flakana, Golden, Granny Smith et Milay avec des fruits de plus de 70 mm de diamètre et 140 g de poids moyen.
- Groupes 2 : les 05 variétés Anna, Dorset, Goldana, Krisnazy et Norvège ayant une capacité de mise à fruits inférieure à 5 ans.
- Groupes 3 : les 04 variétés Besartitaka, Double red, Golden et Norvège avec un nombre moyen de fruits supérieur à 400/pieds.
- Groupes 4 : les 05 variétés Besartitaka, Double red, Golden, Granny Smith et Mamy avec une production moyenne supérieure à 40 kg/pieds.

Chaque groupe a ses particularités qui peuvent être mises à profit pour diversifier et améliorer la production. La performance marquée pour la variété Golden dans les zones d'étude est comparable à celle observée dans d'autres pays comme le Maroc.

CONCLUSION

La variété Golden est la plus adoptée par les pomiculteurs, puis vient la variété Mamy. Cependant, les résultats de cette étude montrent que d'autres variétés ont également des grandes potentialités économiques si l'on considère leurs caractéristiques organoleptiques, morphométriques et culturales. Leur exploitation pourra contribuer à la diversification de la production, afin de satisfaire la demande des marchés locaux et internationaux tant en qualité qu'en quantité.

Remerciements

Les pomiculteurs des 02 sites d'étude

Contact
Dr Ononamandinty Antsonantenainarivony
Email: ranelon@yahoofr

Tableau 1

Différentes variétés de pommes cultivées dans les Communes de Soanindrariny et de Tsarahonana-Sahanivotry

N°	NOM	PROFONDITEUR	COULEUR	PROFONDITEUR	COULEUR	PROFONDITEUR	COULEUR
01	Golden	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge
02	Double red	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge
03	Granny Smith	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge
04	Milly	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge
05	Flakana	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge
06	Malrose	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge
07	Mamy	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge
08	Anna	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge
09	Dorset	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge
10	Norvège	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge
11	Goldana	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge
12	Krisnazy	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge
13	Besartitaka	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge
14	Calville	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge
15	Marange	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge	Moyenne	Rouge

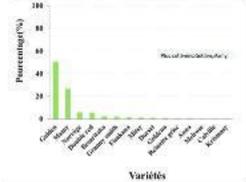


Figure 5: Proportion relative de différentes variétés cultivées

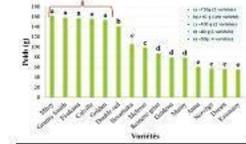


Figure 6: Poids moyen des fruits des différentes variétés

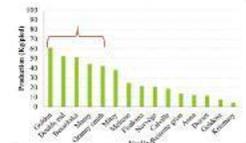


Figure 7: Production annuelle par pied des différentes variétés

Publication 3 : Randrianarisoa, H.D.S., Randriamora, N.D.N., Ratovonamana, R.Y., Antsonantenainarivony, O., 2022. Germination study of three Fabaceae species of South-west Madagascar. Abstract applied on Tropentag hybrid conference « Can agroecological farming feed the world? Farmers' and academia's views ». Tropentag, September 14-16, 2022, hybrid conference.



Tropentag, September 14-16, 2022, hybrid conference
“Can agroecological farming feed the world?
Farmers' and academia's views”

Germination study of three Fabaceae species, endemic of south-western region of Madagascar

HANITRINIALA DOMOHINA SYLVIA RANDRIANARISOA¹, NASOLO DIARY NANDRIANINA RANDRIAMORA², RAKOTOMALALA YEDIDYA RATOVOAMANA³, ONONAMANDIMBY ANTSONANTENAINARIVONY⁴

¹University of Antananarivo, Dept. of Environment, Madagascar

²University of Antananarivo, Dept. of Environment, Madagascar

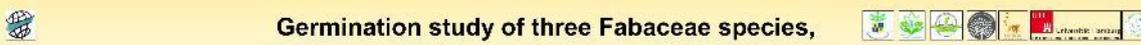
³University of Antananarivo, University of Hamburg, Dept. of Biology and Ecology, Animal Ecology and Conservation, Madagascar

⁴University of Antananarivo, Dept. of Biology and Plant Ecology, Dept. of Environment, Madagascar

In the South-western region of Madagascar, the Fabaceae family is commonly used by the local population for different purposes along with their ecological importance. Its natural regeneration rate is very low because of the problems related to physiological and morphological seed dormancy and other ecological factors. To overcome these difficulties, *ex situ* multiplication of seedlings is essential to ensure the sustainable use of the Fabaceae species which are of socio-economic, ecological and cultural importance. Thus, a germination test was undertaken for three endemic woody Fabaceae species encountered in Tsimanampetsotsa National Park such as *Delonix floribunda*, *Tetrapterocarpon geayi* and *Vachellia bellula*. The aims of this study is to identify the optimal conditions for seed germination and seedling growth. Four factors or treatments closely related to seed germination and seedling growth were tested : pre-treatments, seed size, substrates and water salinity. The results revealed that these treatments showed significant effects on germination rates for all species studied. Manual scarification led to the highest germination rate for *D. floribunda* (58.7%), *V. bellula* (60.2%) and *T. geayi* (87.9%). For *V. bellula*, the largest seeds gave the highest germination rate (70.33%). For *D. floribunda* and *T. geayi*, the highest germination rate were obtained with medium size seeds, with 67.06 and 77.4% respectively. The results showed that only *Vachellia bellula* tolerates the salinity of the water at the time of germination and growth, with a germination rate of 80%, corresponding to the dose of 10 g/L NaCl. For *D. floribunda* and *T. geayi*, the germination rate at 10 g/L NaCl dose is low, with 1.40 and 57.05% respectively. *D. floribunda* is well adapted to all types of substrates tested, with a germination rate of about 80%. Calcareous soil was the most favourable not only for germination, but also for growth and viability of the seedlings of the two species. Because of their simplicity and low cost, these techniques are recommended for the future production of seedlings in this region, while preserving the sustainability of these species.

Keywords: Fabaceae, germination, growth, seed, Tsimanampetsotsa

Publication 4 : Randrianarisoa, H.D.S., Randriamora, N.D.N., Ratovonamana, R.Y., Antsonantenainarivony, O., 2022. Germination study of three Fabaceae species of South-west Madagascar. Poster applied on Tropentag hybrid conference « Can agroecological farming feed the world? Farmers' and academia's views ». Tropentag, September 14-16, 2022, hybrid conference.



Germination study of three Fabaceae species, endemic of South-western region of Madagascar

Hanitriniaina Domohina Sylvia Randrianarisoa¹, Nasolo Diary Nandrianina Randriamora², Rakotomatala Yedidya Ratovonamana³, Ononamandimby Antsonantenainarivony⁴

¹University of Antananarivo, Dept. of Environment, Madagascar; ²University of Antananarivo, Dept. of Environment, Madagascar; ³University of Antananarivo, Dept. of Biology and Plant Ecology, Madagascar; ⁴University of Antananarivo, Dept. of Biology and Plant Ecology, Madagascar

INTRODUCTION

FABACEAE :

- Third family diversified in the world's flora, 19 400 species, distributed in the tropics
- Madagascar : 667 species
- Species commonly used for different purposes : construction wood, energy wood, fodder, medicinal plants and cosmetics
- Problems : physiological dormancy of seeds
- Subject : germination test for three woody Fabaceae species encountered in Tsamansapetsote National Park : *Acacia bellula*, *Delonix floribunda* and *Tetrapterocarpum geayi*
- The general objective is to identify the optimal conditions for germination and growth of seedlings.
- The specific objectives are to :
 - o establish a scarification treatment;
 - o test the effect of seed size on germination;
 - o identify the favourable substrate for each species;
 - o evaluate the effect of salinity on germination.

STUDY AREA

Madagascar
Region : South-west
Tsamansapetsote National Park



Figure 1. Localization of the study area

MATERIALS AND METHODS

Seed collected



Figure 2. Seeds collected

Seeds characteristics

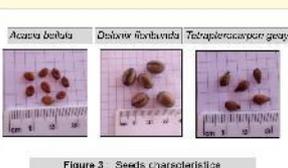


Figure 3. Seeds characteristics

Germination parameters

- Germination rate (%)
- Latency time (days)
- Germination time (days)

Germination rate (%) = Number of germinated seed / Total number of seeds



Figure 4. Germinated seed and seedling of *Acacia bellula*, *Delonix floribunda* and *Tetrapterocarpum geayi*

Treatments of seeds

Seed pretreatment

- Control
- Manual scarification
- Hot water 40 °C during 5 minutes
- Tap water during 24 hours

Seed size

Seeds size	<i>A. bellula</i>	<i>D. floribunda</i>	<i>T. geayi</i>
Small	0.01	0.55	0.05
Medium	0.02	0.64	0.07
Large	0.113	0.77	0.193

Substrates

- Sandy soil
- Fertiphorous soil
- Calcareous soil
- Mastic soil

Salinity

- Control (deionized water)
- Five (05) concentrations of NaCl : 0, 4, 6, 8 and 10 g/L

Experimentation



Figure 5. Experimentation

RESULTS

Effects of treatments on germination

Acacia bellula

- Pretreatment : Manual scarification (80 %)
- Seed size : Large seed (70 %)
- Substrate : Mixture soil (85 %)
- Salinity tolerance : High



Delonix floribunda

- Pretreatment : Manual scarification (SM) (50 %)
- Seed size : Medium (67 %)
- Substrate : Mixture soil (81) (80 %)
- Salinity tolerance : Low



Tetrapterocarpum geayi

- Pretreatment : Manual scarification (88 %)
- Seed size : Medium (77 %)
- Substrate : Mixture soil (33 %)
- Salinity tolerance : Moderate



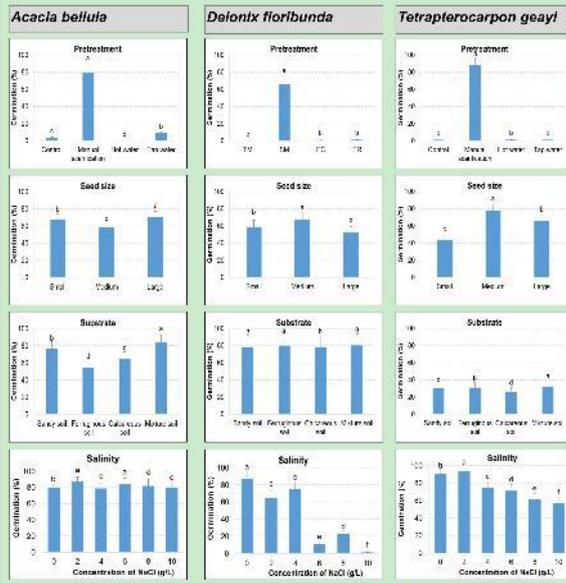


Figure 5. Effects of treatments on germination rate

CONCLUSION

- This study allowed to determine and to identify techniques alternatives for seedling production.
- Manual scarification of seeds gives the highest germination rate for all species.
- Large and medium sized seeds have a better germination capacity.
- Mixed soil is the most favourable substrate for germination.
- *Delonix floribunda* and *Tetrapterocarpum geayi* do not tolerate high level of salinity in water and soil.
- *Acacia bellula* tolerates salinity in water and soil.

Contact author : Hanitriniaina Domohina Sylvia Randrianarisoa
domohinasylviahanitriniaina@gmail.com

Publication 5 : Randrianarisoa, H.D.S., Randriamora, N.D.N., Ratvonamana, R.Y., Antsonantenainarivony, O., 2022. Germination study of two *Albizia* species (*A. mahalao* and *A. tulearensis*), endemic of South-western region of Madagascar. *Madagascar Conservation and Development*. 10 p.

Nom et prénoms : RANDRIANARISOA Hanitriniala Domohina Sylvia
Titre du mémoire : Etude de la germination et croissance en pépinière de six espèces de Fabaceae de la Région Atsimo-Andrefana
Pagination : 58
Tableaux : 16
Figures : 34

Résumé

Les espèces de Fabaceae sont communément exploitées par les communautés de la Région Atsimo-Andrefana, en tant que bois de construction, bois d'énergie, fourrage, plante médicinale et cosmétique à part leur importance écologique. Vu les problèmes de dormance physiologique et morphologique des graines, leur taux de régénération naturelle est très faible. Pour pallier à ces difficultés, la multiplication *ex-situ* est conseillée afin d'assurer la pérennité de ces espèces ainsi que leur utilisation durable et rationnelle. Ainsi, six espèces ligneuses de Fabaceae ont été choisies grâce aux services écosystémiques qu'elles fournissent à la population locale. Un test de germination a été entrepris dans le Parc National de Tsimanampetsotsa pour ces espèces dont : *Albizia mahalao*, *Albizia tulearensis*, *Delonix floribunda*, *Tamarindus indica*, *Tetrapterocarpon geayi* et *Vachellia bellula*. L'objectif est d'identifier les conditions optimales pour assurer la germination et la croissance des plantules. Quatre facteurs ont été testés : prétraitements de graines, calibre de graines, substrats et salinité de l'eau. Parmi les prétraitements de graines, la scarification manuelle a permis d'obtenir le taux de germination maximal pour toutes les espèces, compris entre 60,9 et 87,9 %. Les graines à gros calibre présentent la capacité germinative la plus élevée pour *Albizia tulearensis* (35,6 %), *Tamarindus indica* (59,6 %) et *Vachellia bellula* (70,3 %). Pour *Albizia mahalao*, *Delonix floribunda* et *Tetrapterocarpon geayi*, la germination la plus élevée a été obtenue avec les graines à moyen calibre, avec des taux de germination respectifs de 58,5 ; 67,1 et 77,4 %. Seule *Vachellia bellula* tolère la forte salinité, avec un taux de germination de 79,9 % (10 g/L NaCl). Pour les autres espèces, le taux de germination avec la même concentration varie de 1,4 à 57,1 %. Parmi les quatre substrats, le sol calcaire et le sol mélangé favorisent non seulement la germination, mais également la croissance et la viabilité des plantules. Ces techniques simples et à faibles coûts seront recommandées pour la future production des jeunes plants dans la région Atsimo-Andrefana.

Mot-clés : Fabaceae, germination, croissance, graine, Tsimanampetsotsa

Abstract

Fabaceae species are commonly exploited by the population in the Atsimo-Andrefana region, for different purposes as construction wood, energy wood, fodder, medicinal plants and cosmetics, along with their ecological importance. Its natural regeneration rate is very low because of the problems related to physiological and morphological seed dormancy and other ecological factors. To overcome these difficulties, *ex-situ* multiplication of seedlings is essential to ensure the sustainable use of the Fabaceae species. Thus, a germination test was undertaken for six woody Fabaceae species encountered in Tsimanampetsotsa National Park such as *Albizia mahalao*, *Albizia tulearensis*, *Delonix floribunda*, *Tamarindus indica*, *Tetrapterocarpon geayi* and *Vachellia bellula*. The aims of this study is to identify the optimal conditions for seed germination and seedling growth. Four factors closely related to seed germination and seedling growth were studied : seed pre-treatments, seed size, substrates and water salinity. Manual scarification led to the highest germination rate for all species, ranging from 60.9 to 87.9 %. For *Albizia tulearensis*, *Tamarindus indica* and *Vachellia bellula*, the largest seeds gave the highest germination rate, with 35.6, 59.6 and 70.3 % respectively. For *Albizia mahalao*, *Delonix floribunda* and *Tetrapterocarpon geayi*, the highest germination rate were obtained with medium size, with 58.5, 67.1 and 77.4 % respectively. The results showed that only *Vachellia bellula* tolerates the salinity of the water at the time of germination, with a germination rate of 79.9 % with 10 g/L NaCl. For other species, germination rate at 10 g/L NaCl dose is low, around 1.4 and 57.1 %. Calcareous soil and mixture soil were the most favorable not only for germination, but also for growth and viability of the seedlings of all the species. These simple techniques and low cost are recommended for the future production of seedlings in this region.

Key words: Fabaceae, seed, germination, growth, Tsimanampetsotsa

Rapporteurs Docteur ANTSONANTENAINARIVONY Ononamandimby
Docteur RATOvonamana RAKOTOMALALA Yedidya

Contact de l'auteur +261 34 35 884 61 ; E-mail : domohinasylviahitriniala@gmail.com