UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques

Mention Foresterie et Environnement

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur en Sciences Agronomiques et Environnementales au grade de Master en Foresterie – Environnement. Parcours Ecosystème et Biodiversité

Promotion : VAHATRA

Année 2016

Définition et mise en place d'un protocole de multiplication du *Tsiperifery* (*Piper sp.*) à Beforona en vue de sa domestication

Par RAFITOHARSON Norosoa Maeva Elodie

Soutenu le 21 juillet 2016

Devant le jury composé de

Président du jury	: Docteur RABEMANANJARA Zo
Rapporteur	: Docteur RAZAFINTSALAMA Voahirana
Examinateurs	: Professeur RAMAMONJISOA Lolona
	Docteur LEONG POCK TSY Jean-Michel

UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques

Mention Foresterie et Environnement

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur en Sciences Agronomiques et Environnementales au grade de Master en Foresterie – Environnement. Parcours Ecosystème et Biodiversité

Promotion : VAHATRA

Année 2016

Par RAFITOHARSON Norosoa Maeva Elodie

Soutenu le 21 juillet 2016

Devant le jury composé de

Président du jury	: Docteur RABEMANANJARA Zo
Rapporteur	: Docteur RAZAFINTSALAMA Voahirana
Examinateurs	: Professeur RAMAMONJISOA Lolona
	Docteur LEONG POCK TSY Jean-Michel

« Ary na inona na inona ataonareo, na amin'ny teny, na amin'ny asa, dia ataovy amin'ny anaran'i Jesoa Tompo ny zavatra rehetra, sy amim-pisaorana an'Andriamanitra Ray, amin'ny alalany. »
(Kol, 3, 17)

« Mais il faut que la patience accomplisse parfaitement son œuvre, afin que vous soyez parfaits et accomplis, sans faillir en rien. »
(Jacques 1, 4)

REMERCIEMENTS

La présente étude n'aurait pu être réalisée sans la grâce de Dieu Tout-Puissant qui nous a donné force, santé et courage durant les travaux de recherches et de rédaction.

Nous tenons également à exprimer nos vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué, de loin ou de près à l'accomplissement de ce travail, particulièrement envers :

- Monsieur RAMAMONJISOA Bruno Salomon, Professeur Titulaire, Directeur de l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques (ESSA), pour ses précieux conseils en matière de méthodologie de recherches ;
- Monsieur RABEMANANJARA Zo, Docteur-Ingénieur, Chef de Département de l'ESSA-Forêts qui, malgré ses multiples fonctions, a bien voulu présider notre soutenance ;
- Madame RAZAFINTSALAMA Voahirana, Docteur Ingénieur, Enseignant-Chercheur au sein de l'ESSA-Forêts et de l'ISTA, qui, en dépit de toutes ses occupations, a bien voulu nous encadrer et a bien voulu nous octroyer ses précieux conseils tout au long de l'investigation ;
- Madame RAMAMONJISOA Lolona, Professeur, Enseignant-Chercheur au sein de l'ESSA-Forêts et Directrice du Silo National des Graines Forestières (SNGF), qui a bien voulu évaluer notre recherche en siégeant en tant qu'examinateur malgré ses diverses responsabilités ;
- Monsieur LEONG POCK TSY Jean-Michel, Docteur, Responsable du laboratoire biomoléculaire CIRAD, qui a également voulu examiner notre recherche malgré ses nombreuses obligations ;
- Madame RAZAFIMANDIMBY Harizoly, Botaniste et conservateur de l'Herbier TEF au DRFP, pour son aide et pour son encadrement durant les travaux de terrain à Beforona. ;
- Le personnel FOFIFA DRFP Ambatobe pour leur accueil durant toute la période du stage de mémoire ;
- Le personnel FOFIFA DRFP Marolafa Beforona : pour leur accueil chaleureux et pour leur aide technique durant les travaux de terrain ;
- Les participants de la Table Ronde sur le *Tsiperifery* 2015, pour leurs commentaires et remarques qui ont grandement aidé à la progression de ce travail de recherches.

Nous manifestons également notre gratitude à

- Tous les enseignants et le personnel de l'ESSA-Forêts qui ont consacré un temps précieux à notre formation tout au long de ces années d'études
- Toutes les institutions qui ont bien voulu nous accueillir, pour leur collaboration.
- Notre famille et nos amis pour leur aide et pour leur soutien moral et affectif mais surtout pour leur compréhension durant le travail de mémoire
- La promotion Vahatra, particulièrement à nos camarades de la mention Foresterie et Environnement, pour tous les instants passés ensembles.

PRESENTATION PARTENAIRES

Organisme d'accueil

Le FOFIFA ou Centre National de la Recherche Appliquée au Développement Rural, a été créé en 1974, et a pour mission de mettre en œuvre la politique nationale de recherches en matière de développement rural et de définir, d'orienter, de promouvoir, de coordonner toutes les activités de recherches concernant la production agricole.

Le Département de Recherches Forestières et Piscicoles (DRFP) est un des départements du FOFIFA qui intervient dans des recherches sur la génétique, la valorisation des produits forestiers et piscicoles, ainsi que la botanique forestière. Le DRFP figure parmi les principaux exécutants du Projet « Plantes sauvages apparentées aux plantes cultivées » ou « Crop Wild Relatives » (CWR). C'est en effet dans les forêts naturelles que l'on trouve les parents sauvages des plantes cultivées (riz, café, banane, pomme de terre, agrume…). Ces travaux ont révélé l'intérêt du « *Voatsiperifery* », apparenté au poivrier cultivé (*Piper nigrum*). Cette épice, qui fait actuellement l'objet d'une forte demande sur le marché international, est devenue victime d'une exploitation irraisonnée et est menacée dans sa survie. Aussi la plante Tsiperifery a été inclue parmi les thèmes de recherche du Dispositif en Partenariat « Forêts et Biodiversité » où collaborent les chercheurs du CIRAD, de l'Université d'Antananarivo et du FOFIFA.DP F&B

Organisme de financement

Depuis 2002, le CIRAD, l'Université d'Antananarivo et le FOFIFA ont fondé une convention de partenariat « l'URP (Unité de Recherche en Partenariat) Forêts et Biodiversité », pour 10 ans. La première évaluation de cette convention a été effectuée en 2006, suivie par une approbation de continuation.

En 2010, la convention URP Forêts et Biodiversité a changé d'identité en « DP Forêts et Biodiversité (Dispositif de Recherche et d'Enseignement en Partenariats) », qui est suivi par son évaluation en 2011.

Les partenaires fondateurs sont l'Université d'Antananarivo, le FOFIFA et le CIRAD. Son objectif est de proposer, à travers une recherche impliquée, des approches innovantes et adaptées combinant conservation de la biodiversité forestière malagasy et valorisation des ressources naturelles afin de réduire la vulnérabilité des socio-écosystèmes face aux changements globaux. Les recherches du DP Forêts et Biodiversité se reposent sur trois thèmes : la conservation de la biodiversité forestière au service de la population locale, la gestion locale des ressources naturelles renouvelables pour le développement rural, l'intégration multiscalaire des politiques de conservation et de valorisation des forêts dans les dispositifs de gouvernance.

RESUME

Le *Tsiperifery (Piper sp.*) désigne l'ensemble des poivriers sauvages de Madagascar. Ces poivriers sauvages ont pour habitat la forêt dense humide d'altitude et ses fruits sont les parties de la plante les plus utilisées. Ils sont consommés en tant que remède contre la toux. Au niveau de la gastronomie, le *Tsiperifery* constitue une épice très recherchée due à son goût. Cet engouement fait que différentes filières sont créées au niveau de la ressource. Le développement de ces filières constitue toutefois une menace pour le *Tsiperifery*. A cause de sa vulnérabilité, la domestication du *Tsiperifery* est primordiale. La multiplication de la plante en pépinière est une phase à accomplir avant de parler de domestication.

Le bouturage en pépinière est la technique de multiplication végétative choisie dans la présente étude. Deux dispositifs ont été mis en place dans la station du DRFP sise à Beforona afin de déterminer les conditions favorables au bouturage du *Tsiperifery*. Le premier réunit trois variables : la provenance (Beforona, Mandraka, Sandrangato), le morphotype (1, 2, 3, 4) des boutures et le type de couverture (naturel, artificiel). Le deuxième possède deux variables qui sont le type de bouture (stolon, rameau) et le substrat utilisé (terre noire, mélange substrats). L'analyse des données sur XLSTAT 2008® s'est basée sur le taux de reprise et le taux d'enracinement des boutures ainsi que sur la température et la luminosité enregistrées sous les différents types d'couverture. L'ANOVA a permis d'identifier les effets des différentes variables sur le taux de reprise et sur le taux d'enracinement des boutures ; le test de Mann-Whitney a servi à comparer les données de température et de luminosité des deux types de couverture. Pour le premier dispositif, les résultats ont montré que les boutures ayant le morphotype 3 en provenance de Beforona présentent de bons reprise et enracinement. Le type de couverture employé n'a aucune influence sur le développement des boutures. Le second dispositif a prouvé que les stolons utilisés comme boutures ont un meilleur développement que les rameaux. Pour le cas du substrat, la reprise et l'enracinement des boutures de *Tsiperifery* sont indifférents à la terre noire et au mélange de substrats.

Comparé aux études de bouturage réalisées sur le poivrier noir (*Piper nigrum*), le bouturage du *Tsiperifery* se rapproche presque de celui-ci. Malgré ces premiers résultats, les données sur le bouturage du *Tsiperifery* sont encore insuffisantes et demandent un approfondissement. Les études devront être orientées sur l'amélioration du protocole de multiplication, mais aussi sur la mise en pratique du protocole de multiplication établi.

Mots-clés : *Tsiperifery*, Beforona, multiplication, bouturage, protocole

ABSTRACT

Tsiperifery represents wild relative peppers of Madagascar. Wild peppers occupy altitude rainforest and their fruits are used as medicine against cough. In term of gastronomy, *Tsiperifery* is a highly sought spice because of its taste. This interest makes the establishing of *Tsiperifery* chain. The development of this market threatens *Tsiperifery*. Due to his vulnerability, the domestication of *Tsiperifery* is important. The multiplication of this plant in nursery is a step to accomplish before domestication.

In this study, cutting in nursery is the chosen vegetative propagation. Two devices were placed in Beforona station of DRFP-FOFIFA. The aim of this work is to determine the fair conditions of the cutting of *Tsiperifery*. The first device has three variables: origin (Beforona, Mandraka, Sandrangato) and morphotype (1, 2, 3, 4), shade (natural, artificial). The second device has two variables: type of cutting (runner, bough) and substratum (black soil, mixed substrate). Data analysis on XLSTAT2008® is based on recovery rate and rooting rate of the cutting; temperature and luminosity under two types of shade. For the first device, the results show that cuttings having the morphotype 3 from Beforona present good recovery and rooting. The shade's type used has no influence on the development of cuttings. The second device has proved that runners as cuttings have a better development than cuttings from bough. For the case of substratum, the recovery and the rooting of *Tsiperifery*'s cuttings are indifferent to the black soil and the mixed substrate.

Compared to cutting studies on black pepper (*Piper nigrum*), the cutting of *Tsiperifery* is almost similar to that of black pepper. Despite these early results, data on *Tsiperifery*'s cutting are still missing and require precision. Studies should be oriented on improving multiplication protocol. This protocol should be used in sites who have *Tsiperifery*.

Key words: *Tsiperifery*, Beforona, multiplication, cutting, protocol

FAMINTINANA

Ny *Tsiperifery* (*Piper sp*.) no anarana fiantso ny poavatra dia an'i Madagasikara. Anaty ala mando avo no ahitana azy ary ny voankazony no tena ampiasaina aminy. Afaka atao ody kohaka ny voankazony. Eo amin'ny tontolon'ny sakafo, ny *voatsiperifery* dia zava-manitra tena tsara sady tadiavina be noho ny tsirony miavaka. Izany no nahatonga ny fiforonan'ny tsena maro momba ny voankazony. Ny fitomboan'ireo tsena ireo anefa mandrahona ny fisian'ny *Tsiperifery*. Ilaina noho izany ny mamboly azy. Ny fampitomboana an'io zava-maniry io eny an-taninketsa no dingana tokony ho vitaina mialohan'ny fambolena azy.

Ny fampiasana botira eny amin'ny taninketsa no teknika fampitomboana nampiasaina tamin'ity asa fikarohana ity. Fitaovana roa no napetraka tao amin'ny FOFIFA DRFP tao Beforona mba hahamoahana ireo fepetra mifanaraka amin'ny fambolena ny *Tsiperifery*. Ny fitaovana voalohany dia mamoaka ny fiaviana (Beforona, Mandraka, Sandrangato), ny karazana haiendrika (1, 2, 3, 4) ary ny fialofana (natoraly, artifisialy) izay nanome fitomboana botira mahafa-po. Ny fitaovana faharoa kosa dia mikasika ny karazana botira (sampana tanora, sampana antitra) ary ny tany (tany mainty, tany mifangaro) sahaza amin'ny fambolena ny *Tsiperifery*. Ny fanadihadiana ny tahirin-kevitra izay natao tamin'ny XLSTAT2008® dia niainga amin'ny taha fahavelomana sy ny taha fisian'ny fakany ny botira; ny fanadihadiana dia niainga ihany koa tamin'ny hafanana sy ny hazavana voarakitra isaky ny fialofana. Nahafantarana ny fahasamihafan'ny singa isan-karazany nampiasaina eo amin'ny fivelomana sy ny fisian'ny fakany eo amin'ny botira ny ANOVA. Ny fitsapan'i Mann Whitney no nampitahana ny hafanana sy ny hazavana hita isaky ny karazana fialofana. Ho an'ny fitaovana voalohany, ny valin'ny fanadihadiana dia maneho fa ny botira manana haiendrika 3 avy any Beforona no manana taha-pivelomana sy taha-pisian'ny faka ambony indrindra. Mampiseho koa io fitaovana io fa tsy dia misy vokatra amin'ny fitomboan'ny botira ny fampiasana fialofana samihafa. Ny fitaovana faharoa dia manaporofo fa ny botira avy amin'ny sampana tanora no mety kokoa noho ny avy amin'ny sampana antitra. Ny karazana tany nampiasaina dia tsy misy vokany amin'ny fitomboan'ny botira.

Mifanakaiky amin'ny fambolena ny poivatra mainty (*Piper nigrum*) ny an'ny *Tsiperifery*. Tsy mbola ampy anefa ireo valin'ny asa fikarohana natao fa mila fanadihadiana lalina kokoa. Tokony hotaritina any amin'ny fanatsarana ny fomba fampitomboana ny *Tsiperifery* ny fikarohana manaraka .

Teny manan-danja: *Tsiperifery*, Beforona, fampitomboana, fikarakarana botira, fomba fanatanterahana

LISTE DES ACRONYMES ET DES ABREVIATIONS

ANOVA	: Analysis of variance
ART	: Couverture artificielle
BFN	: Beforona
CAH	: Classification ascendante hiérarchique
DRFP	: Département de Recherches Forestières et Piscicoles
ESSA	: Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques
FOFIFA DRFP	: Foibem-pirenena momba ny Fikarohana ampiharina amin'ny Fampandrosoana eny Ambanivohitra ou Centre national de recherche appliquée au développement rural
S	: Stolon
M	: Morphotype
MDK	: Mandraka
MS	: Mélange de substrats
NAT	: Couverture naturelle
PFNL	: Produits Forestiers Non Ligneux
RA	: Rameau
SDG	: Sandrangato
TE	: Taux d'enracinement
TN	: Terre noire
TR	: Taux de reprise

GLOSSAIRE

Acumen : extrémité de la feuille

Bractée : pièce florale qui se trouve à la base de l'inflorescence et qui entoure la base du pédoncule.

Entrenœud : espace compris entre deux nœuds d'une tige

Face pubescente : qui est couverte d'un duvet de poils fins et courts

Feuille cordiforme : feuille en forme de cœur

Feuille crassulescente : feuille épaisse et charnue

Feuille glabre : feuille dépourvue de poils

Feuille oblancéolée : feuille en forme de fer de lance et plus large côté apex que côté pétiole

Feuille oblongue : feuille dont la base du limbe est moins large que le sommet

Feuille obovale : feuille qui a la forme d'un ovale renversé ; qui est plus large à son extrémité qu'à son origine

Morphotype : type morphologique, désigne les variétés morphologiques visibles sur la structure externe des individus

Niche écologique : ensemble des paramètres environnementaux (climatiques, édaphiques, biotiques) dont dépend une espèce donnée et qui la différencient des autres espèces occupant le même habitat

Nœud : point d'insertion d'une feuille sur la tige d'une plante, d'une branche ou d'un tronc d'arbre

Pédicelle : le petit axe floral dans une inflorescence, portant à son sommet une seule fleur

Pédoncule : pièce florale en forme de tige, qui porte les fleurs ou les fruits

Rachis : axe central des fleurs disposées en épi

Rameau : Ramification au niveau d'un nœud de la tige ou du tronc d'un arbre et portant, elle aussi, des feuilles.

Stolon : organe adapté à la multiplication végétative d'une espèce végétale, consistant en une tige grêle, poussant horizontalement, et terminée par un bourgeon

Terroir : région naturelle considérée comme homogène à travers les ressources et productions qu'il est susceptible d'apporter, notamment - mais pas uniquement - par sa spécialisation agricole

Tige orthotrope : tige qui croît dans le plan vertical, vers le haut ou vers le bas

Tige plagiotrope : tige qui pousse dans le plan horizontal

Tige semi-aouté : tige entre l'état herbacé et l'état lignifié

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS I
PRESENTATION PARTENAIRES II
RESUME III
ABSTRACT IV
FAMINTINANA V
LISTE DES ACRONYMES ET DES ABREVIATIONS VI
GLOSSAIRE VII
1. INTRODUCTION 1
2. METHODOLOGIE 3
2.1. Problématique 3
2.2. Hypothèses 5
2.3. Objectifs 6
2.4. Etat des connaissances 6
2.4.1. Tsiperifery 6
2.4.1.1. Systématique 6
2.4.1.2. Description botanique 7
2.4.1.3. Aire de distribution et habitat 10
2.4.2. Bouturage 10
2.4.3. Milieu d'études 11
2.5. Méthodes 14
2.5.1. Dispositif expérimental 14
2.5.1.1. Dispositif 1 : facteurs provenance, morphotype et couverture 14
2.5.1.2. Dispositif 2 : facteurs types de bouture et substrat 15
2.5.2. Collecte des données 16
2.5.2.1. Indicateurs de réussite du bouturage 16
2.5.2.2. Paramètres environnementaux 18
2.5.3. Traitements et analyse des données 19
2.5.3.1. Arrangement des données 19
2.5.3.2. Paramètres à analyser 19
2.5.3.3. Analyse des données 20
2.6. Cadre opératoire 21
3. RESULTATS 22
3.1. Dispositif 1 23
3.1.1. Facteurs morphotype et provenance 26

3.1.2. Facteur couverture 27
3.1.2.1. Paramètre température 27
3.1.2.2. Luminosité 29
3.1.2.3. Taux de reprise et taux d' enracinement 30
3.2. Dispositif 2 : type de bouture, substrat 33
3.2.1. Facteur type de bouture 34
3.2.2. Facteur substrat 35
4. DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS 37
4.1. Discussion 37
4.1.1. Sur la méthodologie 37
4.1.1.1. Choix du bouturage 37
4.1.1.2. Zone de collecte 37
4.1.1.3. Morphotype 37
4.1.1.4. Type de bouture 37
4.1.1.5. Substrat 38
4.1.1.6. Couverture 38
4.1.1.7. Collecte des boutures 39
4.1.1.8. Période de collecte et de mise en pot des boutures 39
4.1.1.9. Taux de reprise et taux d' enracinement 39
4.1.2. Sur les résultats 40
4.1.2.1. Fiabilité des résultats 40
4.1.2.2. Résultats par rapport au bouturage du Poivrier noir (Piper nigrum) 41
4.1.2.3. Résultats par rapport au bouturage d' autres espèces 42
4.1.3. Vérification des hypothèses 42
4.1.4. Protocole de multiplication du Tsiperifery à Beforona 43
4.2. Recommandations 44
5. CONCLUSION 49
6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 50
ANNEXES 54

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Description des quatre morphotypes de Tsiperifery 9

Tableau 2: Présentation des trois zones de collecte des boutures 12

Tableau 3: Cadre opératoire 21

Tableau 4: Résultats du CAH pour le dispositif 1 25

Tableau 5: Température pour les parcs 1 et 2 28

Tableau 6: Température pour les parcs 3 et 4 28

Tableau 7: Luminosité enregistrée sous les quatre parcs 29

Tableau 8: Présentation évolution du nombre maximal d'entrenœuds sous les deux types de couverture 31

Tableau 9: Résultats du CAH du dispositif 2 34

Tableau 10: Cadre logique d' intervention 46

LISTE DES CARTES

Carte 1: Présentation des trois zones de collecte 11

LISTE DES GRAPHES

Graphe 1: Représentation des lots du dispositif 1 par taux de reprise 23

Graphe 2: Représentation des lots du dispositif 1 par taux d'enracinement 24

Graphe 3: Taux de reprise et taux d'enracinement par morphotype et provenance 26

Graphe 4: Evolution de la température pour les quatre parcs 27

Graphe 5: Evolution de la luminosité pour les quatre parcs 29

Graphe 6: Taux de reprise et taux d'enracinement par type de couverture 30

Graphe 7: Taux de reprise et taux d'enracinement par type de couverture et par provenance 31

Graphe 8: Représentation des lots du dispositif 2 par taux de reprise 33

Graphe 9: Représentation des lots du dispositif 2 par taux d'enracinement 33

Graphe 10: Taux de reprise et taux d'enracinement par type de bouture 34

Graphe 11: Taux de reprise et taux d'enracinement par substrat 35

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Dispositif 1 15

Figure 2: Dispositif 2 16

LISTE DES PHOTOS

Photo 1: Tsiperifery adulte (à gauche) et jeune Tsiperifery (à droite) 7

Photo 2: Racines crampon 8

Photo 3: Inflorescence (à gauche), feuille et fruits (à droite) du Tsiperifery 8

Photo 4: Morphotype 1 (à gauche) et morphotype 2 (à droite) 10

Photo 5: Morphotype 3 (à gauche) et morphotype 4 (à droite) 10

Photo 6: Dispositif à couverture artificielle (à gauche) et dispositif à couverture naturelle (à droite).. 15

Photo 7: Bouture ayant repris (à gauche) et bouture enracinée (à droite) 17

Photo 8: Thermomètre sous couverture 18

Photo 9: Luxmètre 19

1. INTRODUCTION

Le terme *Tsiperifery* désigne les poivriers sauvages de Madagascar appartenant au genre *Piper*. Ces poivriers sauvages sont rencontrés dans la forêt orientale dense sempervirente malagasy. Les fruits du poivrier sauvage sont les parties de la plante utilisées. Depuis longtemps, pour la population locale, ces fruits sont autoconsommés en tant qu'accompagnement avec le riz par les familles en difficulté lors des périodes de soudure ou en tant que ingrédient de piment pilé. Ces fruits servent également de remède contre la toux (RAZAFIMANDIMBY, 2011). En 2004, un gastronome, commerçant spécialiste des poivres, de renommée internationale, découvre le *Tsiperifery*. Ce produit est resté confidentiel jusqu'en 2008-2009, période où l'intérêt des distributeurs et des exportateurs pour le marché du poivre sauvage a commencé à croître. Le *Tsiperifery* est exporté à destination des épiceries fines et des restaurants gastronomiques d'Europe, des Etats-Unis et du Japon (TOUATI, 2012). Ces faits démontrent la notoriété du poivre sauvage sur le plan international, notoriété qui vient de la rareté de ce produit.

Depuis le développement de la filière *Tsiperifery*, les populations riveraines se sont consacrées à la collecte des fruits durant les campagnes. Le *Tsiperifery* devient donc une source de revenus pour la population proche des bassins de collecte (TOUATI, 2012). En tant que produit de la forêt cependant, le *Tsiperifery* n'est, à ce jour, pas enregistré en tant que PFNL, il est considéré comme produit agricole au même titre que le poivre noir (*Piper nigrum*). Il n'est donc pas régi à la règlementation appropriée (BENARD *et al.*, 2014).

Depuis la période 2008-2009, de nombreux acteurs s'intéressent au marché du *Tsiperifery* (TOUATI, 2012). Des problèmes se font sentir quant à l'approvisionnement en fruits de *Tsiperifery* dans les bassins de collecte. D'une part, les exportateurs ont plus de mal à satisfaire la quantité et la qualité de fruits requises par leurs clients ; d'autre part, les déplacements en forêts afin de trouver des pieds fructifères augmentent pour les cueilleurs (BENARD *et al.*, 2014).

De ces faits, la situation du *Tsiperifery* peut s'empirer si des mesures adéquates ne sont pas prises. Dans son étude en 2011, RAZAFIMANDIMBY propose de renforcer la structure de la population du *Tsiperifery*. Cette recommandation consiste à effectuer des enrichissements en forêt à partir de régénération artificielle ou de transplantation et à domestiquer l'espèce qui a pour finalité la substitution de la collecte en forêt par la production dans des plantations. L'enrichissement en forêt ou la domestication de l'espèce dans des plantations fait appel à la multiplication des plants de *Tsiperifery*. Or, jusqu'à présent, aucune étude ne s'est focalisée sur la multiplication du *Tsiperifery* que ce soit par graine, par tige ou par racine. Dans ce cadre, des recherches multidisciplinaires menées par le DP Forêts et Biodiversité ont pour objectif de développer les bases scientifiques pour la gestion durable du *Tsiperifery* à Madagascar. Le cas de la multiplication des plants de *Tsiperifery* fait partie des recherches dirigées par le DP Forêts et Biodiversité.

Les travaux de recherches consignés dans ce document se rapportent sur les paramètres déterminants la multiplication des plants de *Tsiperifery* en pépinière, selon la problématique de départ. Deux hypothèses sont suggérées en réponse à la problématique : la première hypothèse se concentre sur les conditions en rapport avec la biologie et l'écologie des boutures de *Tsiperifery*. La deuxième hypothèse, quant à elle, se focalise sur l'itinéraire technique suivi.

Dans sa première partie, ce document explique la méthodologie de travail qui a été suivie depuis les travaux en pépinière jusqu'aux travaux de finalisation du document. La méthodologie avance la problématique et les hypothèses y afférents. Par la suite, le matériel végétal, le milieu d'étude et le dispositif expérimental sont présentés suivis du protocole de collecte de données et de traitements de données. La deuxième partie présente les résultats des recherches en rapport avec la reprise et l'enracinement des boutures suivants différents facteurs : la provenance et le morphotype, la couverture, le type de bouture, le substrat. La troisième partie aborde les différentes discussions qui se portent sur la méthodologie, les résultats et les hypothèses. De ces discussions découlent des recommandations qui sont proposées avant de passer à la conclusion générale.

2. METHODOLOGIE

2.1. Problématique

En général, les menaces qui pèsent sur le *Tsiperifery* concernent la collecte des fruits. Etant donné que les tuteurs du Tsiperifery est lisse, l'escalade pour la cueillette est difficile sans équipement approprié. De ce fait, durant la cueillette, les collecteurs arrachent ou coupent la tige principale, voire son tuteur afin d'obtenir les fruits se trouvant à une dizaine de mètres de hauteur (RAZAFIMANDIMBY, 2011). L'une ou l'autre de ces techniques ne permet pas à la ressource de reprendre, compromettant sa régénération. Lors de la collecte, les cueilleurs prélèvent toutes les grappes, même celles qui ne sont pas encore mûres : cette pratique met également en cause la régénération de la plante. (BENARD *et al.*, 2014)

La pratique du *tavy* et la coupe illicite menacent l'existence du *Tsiperifery*. En effet, du fait de la dépendance de la population de *Tsiperifery* à la présence de la couverture forestière, la diminution de cette dernière a pour conséquence sa disparition (RAZAFIMANDIMBY, 2011). Le recul de la couverture forestière est évident à Madagascar, surtout dans la partie orientale de la Grande Île, avec un taux annuel de déforestation de 0,7% pour la période 2005-2010 (ONE *et al.*, 2013). A ces menaces s'ajoute la transformation des bas-fonds pour l'installation des rizières. Outre ces menaces d'origine anthropique, les menaces naturelles existent aussi : les cyclones dont la conséquence principale est le déracinement des arbres tuteurs et les effets du changement climatique qui induisent un retard des pluies ayant une conséquence sur la phénologie de la plante. (LEVESQUE, 2012)

L'intérêt des opérateurs pour le Tsiperifery a commencé à augmenter entre 2008 et 2009 (TOUATI, 2012). L'approvisionnement en fruits dans les bassins de collecte se fait de plus en plus difficile, tant au niveau de la qualité qu'au niveau de la quantité (BENARD *et al.*, 2014). La seule explication est la diminution du stock de *Tsiperifery*. Outre les pratiques de cueillette des fruits destructrices, le développement de la filière a eu également des conséquences négatives sur le stock de *Tsiperifery*. Du fait des revenus engendrés par l'exploitation et la commercialisation du *Tsiperifery*, le nombre d'acteurs et la concurrence augmentent à tous les maillons de la filière, la demande croît également. L'approvisionnement devient de plus en plus difficile. A l'exemple du bassin d'Anjozorobe, qui a vu naître la filière, celle-ci a connu une forte augmentation des agents commerciaux s'y approvisionnant entre 2009-2011 : le nombre d'exportateurs est passé de 4 à 6, celui des collecteurs de 4 à 12 (TOUATI, 2012). L'accès à la ressource est libre en raison de la catégorisation du *Tsiperifery* en tant que produit agricole et non produit forestier. Les règlementations en vigueur ne sont donc pas appropriées d'où la mauvaise exploitation de la ressource. Par ailleurs, les études entreprises par RAZAFIMANDIMBY en 2011 montrent que le taux de régénération de la population de *Tsiperifery* est au-dessous de la moyenne, soit 141,6% contre 300% : la population de *Tsiperifery* est donc une population instable, son exploitation est déconseillée et le renforcement de la population est obligatoire.

Ce renforcement de la population implique la domestication du *Tsiperifery* dans des plantations ou son introduction en forêt par suite de l'élevage en pépinière. La multiplication des plants de *Tsiperifery* et leur élevage en pépinière constituent une étape à sa domestication. Or, les résultats se rapportant à la multiplication du *Tsiperifery* sont encore inexistants, aucune étude n'a encore été menée dans ce sens. Des méthodes de multiplication ont été testées : le FOFIFA a essayé la multiplication par graine. Les graines ont été semées sans prétraitement. Le résultat obtenu est l'absence de germination. La multiplication par graine fut donc un échec, mais n'implique cependant pas l'impossibilité de la germination artificielle par graine. La multiplication végétative est la seconde option, option qui est la plus intéressante par rapport à la multiplication par graine pour le cas du *Tsiperifery*. Le poivrier noir (*Piper nigrum*) est, comme le *Tsiperifery*, une liane pérenne s'accrochant et s'élevant sur un tuteur par des racines adventives. La multiplication du poivrier noir se fait par bouturage (SHARANGI, KUMAR, SAHU (2010) ; THANUJA, RAMAKRISHNA, SREENIVASA (2002) ; ANNANDARAJ, SARMA (1994)), et étant donné ses ressemblances avec le *Tsiperifery*, la possibilité de bouturage de ce dernier n'est pas à écarter (CF ANNEXE 1 et 2). La réussite d'un essai de bouturage réalisé par un exploitant sis à Mandraka confirme cette possibilité. Le bouturage est donc la technique de multiplication de plants de *Tsiperifery* adoptée. Les recherches sur le bouturage du *Tsiperifery* n'ont pas encore été effectuées auparavant, les travaux de recherches présentés dans ce document sont donc une première dans ce domaine. Les paramètres en rapport avec le bouturage du *Tsiperifery* sont à déterminer. Ils peuvent être regroupés en deux : l'itinéraire technique et les conditions biologiques et écologiques. La problématique qui se pose est : ***Quels sont les paramètres qui conditionnent la reprise des boutures de Tsiperifery ?***

Les questions de recherche qui en résultent sont :

- Quels sont les effets de la provenance des boutures sur la réussite du bouturage du *Tsiperifery* ?
- La variabilité morphologique doit-elle être considérée lors du choix des boutures de *Tsiperifery* ?
- Quel type de bouture donne de meilleurs reprise et enracinement ?
- Quelles sont les conséquences de l'utilisation de différents types de couverture dans l'élevage des boutures de Tsiperifery en pépinière ?
- Quel substrat convient aux boutures de *Tsiperifery* ?

2.2. Hypothèses

Compte tenu de la problématique, deux hypothèses sont émises :

Hypothèse 1 ; Le taux de réussite du bouturage de *Tsiperifery* est influencé par sa provenance et son morphotype

Les études sur le *Tsiperifery* n'ont pas encore identifiées toutes les espèces qui sont regroupées sous cette dénomination. Leur différenciation se porte sur la notion de morphotype ou de variabilité morphologique.

La variabilité morphologique au sein d'une espèce varie selon son environnement (ASSOGBADJO, LOO, 2011). Des études menées par SLACK et FAVRE en 1990 montrent que la provenance des boutures a un effet sur les résultats du bouturage. Outre la provenance locale, d'autres provenances sont utilisées pour la vérification de cette hypothèse. Les morphotypes de chaque provenance sont pris en compte dans cette étude.

Cette hypothèse veut déterminer si la provenance et le morphotype des boutures ont un effet sur la réussite du bouturage.

Hypothèse 2 : La reprise des boutures dépend de l'itinéraire technique suivi

L'itinéraire technique est défini comme étant la conduite cohérente de la culture tout au long de son cycle de végétation, dans un milieu naturel et social donné (CIRAD, GRET, 2002). Le social inclut les différentes ressources humaines (techniciens, paysans) impliqués dans la mise en place de la culture depuis sa mise en terre jusqu'à sa récolte.

Les paramètres pris en compte dans l'itinéraire technique du *Tsiperifery* sont ceux qui sont impliqués lors de l'installation de la pépinière ainsi que des plants dans les parcelles. Il s'agit entre autres de la couverture, du substrat et du type de bouture.

La couverture permet de contrôler les températures excessives. L'objectif de son utilisation est de donner la quantité optimale de lumière et de chaleur pour les boutures mises en pot (ANDRIANOELINA, 2014). Deux types de couverture ont été testés lors de l'expérimentation : la couverture de type naturel et la couverture de type artificiel.

Le substrat contient les éléments minéraux dont la bouture a besoin pour croître. (HAUERT, 2012) L'utilisation de deux types de substrat (terre noire et substrat mélangé) est utile dans la détermination des conditions de réussite du bouturage du *Tsiperifery*.

Qui dit type de bouture dit niveau de prélèvement des boutures qui, selon les travaux de SLACK et FAVRE en 1990, ont une influence sur la réussite du bouturage.

Cette seconde hypothèse veut analyser les effets de la couverture, du type de bouture et du substrat sur la reprise des boutures.

2.3. Objectifs

D'après la problématique, l'objectif principal de cette étude est de déterminer les paramètres qui conditionnent la réussite du bouturage de *Tsiperifery*.

Les objectifs spécifiques qui en découlent sont :

- Donner l'itinéraire technique adapté au bouturage de *Tsiperifery*
- Caractériser les conditions biologiques et écologiques des boutures de *Tsiperifery*

2.4. Etat des connaissances

2.4.1. Tsiperifery

2.4.1.1. Systématique

Le genre *Piper* est en cours de révision taxonomique. Selon Missouri Botanical Garden sur le site www.tropicos.org, le *Tsiperifery* appartient au genre *Piper* dont la systématique est la suivante :

REGNE	: VEGETAL
EMBRANCHEMENT	: SPERMAPHYTES
SOUS-EMBRANCHEMENT	: ANGIOSPERMES
CLASSE	: DICOTYLEDONE
SOUS-CLASSE	: MAGNOLIDES
ORDRE	: PIPERALES
FAMILLE	: PIPERACEAE
GENRE	*: Piper*
Nom vernaculaire	*: Tsiperifery, Dipoavatra, Tsimahalatsaka, Sakarivovahy, Sakaiala*
Nom commun	: Poivre sauvage de Madagascar

2.4.1.2. Description botanique

La description donnée est celle de RAZAFIMANDIMBY, en 2011 : le *Tsiperifery* est une liane à tige devenant ligneuse, grimpant jusqu'à 10 mètres sur les arbres tuteurs (Photo 1).

Photo 1: Tsiperifery adulte (à gauche) et jeune Tsiperifery (à droite)

Les tiges sont stériles et rampent ou grimpent en adhérant au support par des racines crampons naissant au niveau des nœuds (Photo 2).

Les feuilles sont simples, entières, alternes plus ou moins coriaces présentant un dimorphisme chez les individus plus âgés. Le limbe est uniquement cordiforme chez les plus jeunes. Chez les individus adultes, le limbe a des formes variées : ovale à elliptique, dont le sommet est parfois atténué en pointe aiguë, sa base est profondément cordée et ses bordures sont rougeâtres. Les nervures sont médianes et les bourgeons sont rougeâtres chez les jeunes feuilles. Les feuilles et pétioles sont glabres et les stipules sont caduques (Photo 3).

Le *Tsiperifery* présente une inflorescence en épi solitaire, opposée aux feuilles. Les fleurs sont dioïques, de couleur blanchâtre. Les fruits sont pédonculés globuleux de couleur rouge-orangé à maturité (Photo 3)

Photo 2: Racines crampon

Photo 3: Inflorescence (à gauche), feuille et fruits (à droite) du Tsiperifery

Selon les zones considérées, la fructification s'étale de juillet à avril. Elle peut, dans un bassin donné, s'étaler sur plusieurs semaines (jusqu'à deux mois). Toutes les grappes d'une liane n'atteignent jamais leur stade de maturité au même moment. Il en est de même pour les graines d'une même grappe. (LEVESQUE, 2012)

Les morphotypes décrits jusqu'à présent (Photo 4 et Photo 5) sont décrits dans le tableau suivant

Tableau 1: Description des quatre morphotypes de Tsiperifery

Morphotype	M1	M2	M3	M4
Feuille	Oblongue et crassulescente	Obovale à acumen obtus	Cordiforme effilée sur la tige orthotrope Lancéolée sur la tige lagiotrope	Plus ou moins coriace, cordiforme
Inflorescence	Blanche verdâtre devenant jaune brunâtre à maturité Pédoncule vert violacée	Blanche Pédoncule vert glabre	Jaune	Blanche verdâtre Pédoncule pubescent
Fleur	Eparses insérées systématiquement suivant une direction diagonale sur le diamètre du rachis Bractées de forme triangulaire ; Filet de couleur blanche surmonté de 2 sacs polliniques jaunes à ouverture apicale	Eparses insérées aléatoirement sur le rachis Etamines à filet blanc surmonté de deux sacs polliniques jaunes blanchâtres à ouverture apicale	Densément serrées réparties aléatoirement sur le rachis; Etamines à filet blancs surmonté de 2 sacs polliniques à déhiscence latitudinale	Eparses insérées systématiquement suivant une direction diagonale sur le diamètre du rachis Bractées de forme triangulaire ; Filet de couleur blanche surmonté de 2 sacs polliniques blancs à ouverture apicale
Fruits	Ovoïde de 0,5-0,6 x 0,4 cm de diamètre Pédicelle courte 0,2-0,3cm avec une protubérance à la base; Rouge orangé à maturité	Globuleux de 0,3 – 0,4 cm de diamètre Pédicelle de 0,8 à 1,2 cm.	Ovoïde de 0,3-0,4cm x 0,4-0,6cm Pédicelle pubescent de 0,4 à 0,8 cm Rouge à maturité	

Photo 4: Morphotype 1 (à gauche) et morphotype 2 (à droite)

Photo 5: Morphotype 3 (à gauche) et morphotype 4 (à droite)

2.4.1.3. Aire de distribution et habitat

Les études effectuées par RAZAFIMANDIMBY (2011) ont délimité une zone de distribution large pour le *Tsiperifery*. Précisément, la niche écologique du *Tsiperifery* se superpose avec la forêt humide de l'Est qui se répartit dans la partie Moyen-Est et s'étend du Nord au Sud : de la Montagne d'Ambre à Andohahela. Selon cet auteur, Le *Tsiperifery* est une espèce dont l'existence dépend fortement de la présence de couverture forestière (CF ANNEXE 3).

2.4.2. Bouturage

Le bouturage consiste à multiplier une plante à l'aide de rameaux feuillés prélevés sur des pieds-mères sélectionnés. Il permet d'obtenir des copies des pieds-mères, c'est-à-dire qu'il y a conservation intégrale des caractères génotypiques (RAMAMONJISOA, 1995).

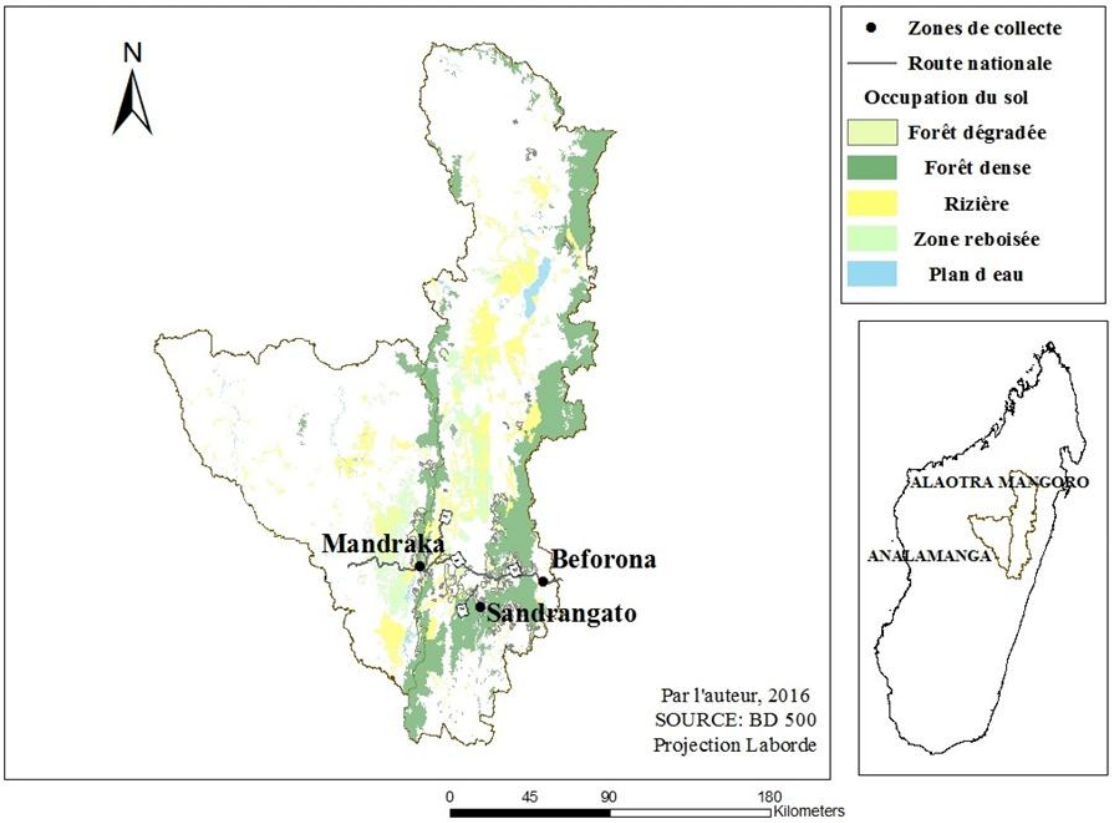
Une réaction d'auto-défense permet à toute partie détachée d'un végétal de cicatriser la lésion existant au point de séparation. Une intense activité cellulaire, provoquée par des hormones spécifiques, obture rapidement la blessure d'une sorte de bourrelet appelé "cal" (masse de cellules indifférenciées) sur lequel, en conditions propices, des racines adventives ne tardent pas à apparaître. L'organe amputé devient dès lors capable de se nourrir et de se développer en croissant comme une plante nouvelle. Cette dernière reproduit fidèlement toutes les caractéristiques génétiques de la plante-mère (taille, port, couleur, duplicature de fleurs, etc.) ce que ne peut pas faire le semis (plant d'arbrisseau, de fleur, etc., ayant été semé en graine) (KHOUNI, 2014).

2.4.3. Milieu d'études

Le milieu d'étude abordé dans cette partie concerne les trois lieux de collecte ou les trois provenances de boutures qui sont : Mandraka, Beforona et Sandrangato. Ces lieux ne sont pas très éloignés les uns des autres (Carte 1). Cette proximité est supposée réduire les effets des longues heures de transport des boutures jusqu'à Beforona où est installé le dispositif expérimental.

Pour le cas du site Beforona et de la forêt de Sandrangato, ces lieux abritent des pieds de *Tsiperifery* qui subissent des suivis effectués par le DRFP. Concernant Mandraka, la possibilité de collecte des boutures émane du partenariat avec l'exploitant qui travaille sur le bouturage à grande échelle du *Tsiperifery*.

Le tableau 2 présente les trois lieux de collecte des boutures de Tsiperifery



Carte 1: Présentation des trois zones de collecte

.

Tableau 2: Présentation des trois zones de collecte des boutures

PROVENANCE	MANDRAKA	SANDRANGATO	BEFORONA
LOCALISATION	RN2, PK65 Fokontany Mandraka, Commune Ambatoloana, Région Analamanga	RN2, PK33 Sur la route Moramanga-Anosibe an'Ala	RN2 Commune Beforona Région Alaotra Mangoro
TOPOGRAPHIE ET RELIEF	Pente supérieure à 60%, jusqu'à 90% Vallées très étroites et très prononcées (ARITSARA, 2015)	Pente : au moins 50% (NIYOKINDI, 1984)	Relief très disséqué avec de fortes pentes et d'étroites vallées ramifiées Pente : 60 à 75% (NAMBENA, 2004)
ALTITUDE	1200 à 1400m	950m à 1070m	200 à 1399 m
VEGETATION	Forêt primaire : forêt dense sempervirente de moyenne altitude, régression en forêt secondaire dont les espèces sont accompagnées d'herbacées endémiques sauvages. (RAZAFINJATOVO, 2003) (Photo 6)	Forêt humide de moyenne altitude Forêt secondaire ou Savoka (ONE, 2007)	Montagne : forêt humide d'altitude Lambeaux forêt primaire Savoka constitué de *radriaka* (*Lantana camara*), *takoaka* (*Rubus mollucanus*), *longoza* (*Aframomum angustifolium*) (NAMBENA, 2004) (Photo 6)

HYDROGRAPHIE	Principal cours d'eau : rivière Mandraka Existence d'un réseau important de petits ruisseaux recoupant les reliefs escarpés de la zone (CHAPERON *et al.*, 1993)	Principales rivières Anosibe an'ala : Manambolo, Menakarongana, Mahamavo, Manampotsy, Sahanomby (ONE, 2007)	Rivières : Beforona, Ilazana, Iharana, Iaroka (NAMBENA, 2004)
PEDOLOGIE	Sous forêt : zone humifère très épaisse Sol ferralitique typique Sol ferralitique rajeuni Sol ferralitique fortement rajeuni Sol peu évolué (RAKOTONANAHARY, 2008)	Sol ferralitique typique (jaune ou rouge sous forêt) (NIYOKINDI, 1984)	Sol ferralitique fortement dessaturé Sol hydromorphe et fluviosol dans les bas-fonds (NAMBENA, 2008)
CLIMAT	Température moyenne : 17,47°C Pluviométrie annuelle : 2300mm (RAJOELISON *et al.*, 2007)	Température moyenne : 21,95°C Pluviométrie annuelle : 1333,6mm (DIRECTION GENERALE DE LA METEOROLOGIE, 2005)	Température moyenne : 21,6°C Pluviométrie annuelle : 2757mm (NAMBENA, 2008)

2.5. Méthodes

Cette partie détaille le dispositif expérimental qui a permis d'étudier les conditions de reprise et d'enracinement des boutures de *Tsiperifery*, la collecte des données et l'analyse des données issues de l'expérimentation.

2.5.1. Dispositif expérimental

L'expérimentation a été menée à partir du 30 juillet 2015 jusqu'au 18 janvier 2016.

Quatre parcelles rectangulaires de 4m x 2m ont été installées. Etant donné les conditions climatiques du lieu d'implantation de la pépinière, les parcelles d'installation des plants ont été surélevées à une hauteur de 0,60 m du sol. Cette disposition évite l'inondation des plates-bandes ainsi qu'un excès d'humidité qui peuvent entraîner la pourriture des jeunes plants (AGRISUD, 2008). Chaque parcelle peut contenir 960 pots. Tous les dispositifs possèdent une couverture qui a été placée à 2 m de hauteur.

Afin de répondre aux objectifs fixés, deux dispositifs sont mis en place. Le premier dispositif teste les effets des facteurs provenance, morphotype et couverture. Le deuxième dispositif analyse les facteurs type de bouture et substrat utilisés.

La description de l'itinéraire technique suivie lors de l'expérimentation est donnée dans l'ANNEXE 1.

2.5.1.1. Dispositif 1 : facteurs provenance, morphotype et couverture

Le facteur couverture possède deux modalités : couverture naturelle et couverture artificielle. Le matériau constituant la couverture naturelle est la feuille de *Ravinala* séchée (*Ravenala madagascariensis*). Approximativement, sa perméabilité est de 15%. La couverture artificielle est faite de mailles en nylon. Sa perméabilité est de 60% et les parcelles à couverture artificielle en sont recouvertes de manière à former une mini-serre (Photo 6). Les conditions sous couverture artificielles (température, luminosité) sont donc constantes en tout point du dispositif tout au long de l'expérimentation contrairement à celles sous couvertures naturelles.

La figure 1 illustre la répartition des lots de boutures selon la provenance, le morphotype et le type de couverture.

Il est à noter que les boutures de Beforona possèdent les morphotypes 1, 3 et 4, celles de Sandrangato et de Mandraka disposent des morphotypes 2 et 3

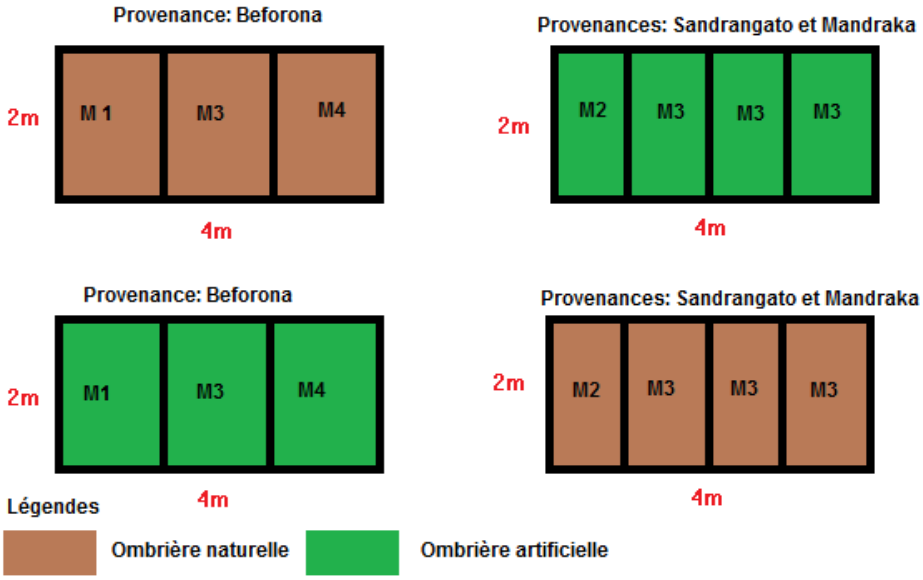


Figure 1: Dispositif 1

M : Morphotype

Le nombre d'échantillons est de 60 répété 4 fois pour chaque morphotype-provenance. Du fait de la difficulté de collecte, les quatre lots n'ont pas été remplis durant une même date mais à des dates différentes. (CF ANNEXE 4)

Photo 6: Dispositif à couverture artificielle (à gauche) et dispositif à couverture naturelle (à droite)

2.5.1.2. Dispositif 2 : facteurs types de bouture et substrat

Ce second dispositif étudie uniquement les boutures de provenance Beforona et la couverture utilisée est de type naturel.

Les modalités du facteur substrat sont : la terre noire prélevée dans la station et le mélange 1/3 en volume de terre noire, 1/3 en volume de sable et 1/3 en volume de fumier, classique aux pépinières.

Les modalités du facteur type de bouture sont axées sur le niveau de prélèvement. Dans un premier temps, la liane rampe au sol, la tige est appelée stolon. En grandissant, ce stolon se cramponne à un tuteur pour pouvoir ériger son port vertical et donner la tige et les différentes ramifications. Les modalités pour le niveau de prélèvement des boutures sont donc : stolon et rameau.

Le nombre d'échantillons est fixé à 60 et il n'existe aucune répétition pour le dispositif 2.

La figure 2 schématise la disposition des lots de boutures par type de substrat et par type de bouture.

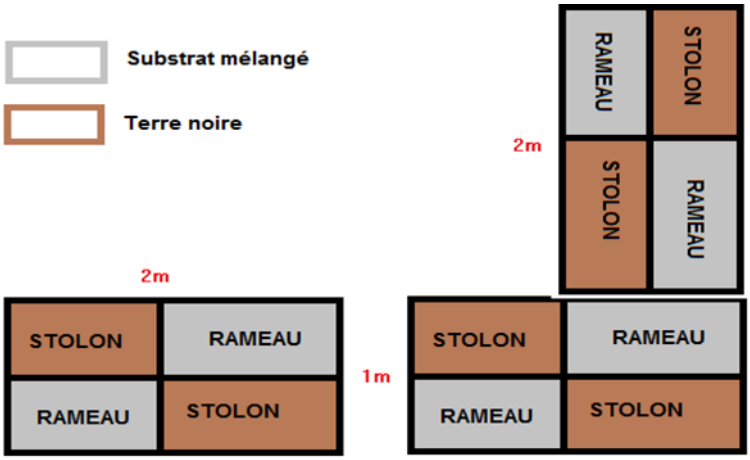


Figure 2: Dispositif 2

2.5.2. Collecte des données

Les paramètres à relever sont de deux types : les indicateurs de réussite du bouturage et les paramètres environnementaux.

2.5.2.1. Indicateurs de réussite du bouturage

Ces indicateurs sont en rapport avec le développement et la croissance des boutures. Le terme développement est souvent utilisé dans un sens restreint pour désigner le déploiement de nouveaux organes. Il peut être aussi compris comme l'évolution de la plante au cours du temps. Il implique deux séries de transformations :

- Des modifications quantitatives qui se traduisent par une augmentation en longueur, en surface, en volume, l'ensemble constituant la croissance ;
- Des modifications qualitatives qui sont illustrées par l'acquisition de nouveaux organes et de nouvelles fonctions (VILAIN, 1993).

La croissance englobe les changements quantitatifs et le développement les changements qualitatifs (BINET, BRUNEL, 1968).

Les paramètres en relation avec la réussite du bouturage enregistrés durant la période d'expérimentation sont : le nombre de boutures vivantes, le nombre de boutures enracinées, le nombre d'entrenœuds.

- **Nombre de boutures vivantes**

Le comptage a été réalisé en plein pour tous les lots dans les deux dispositifs. Sont considérées boutures vivantes, celles qui ont développé un ou plusieurs bourgeons (Photo 7), celles qui ont donné de jeunes feuilles, celles qui ont un ou plusieurs entrenœuds et celles dont la base au collet n'est pas encore nécrosée.

Ces données ont été relevées de manière hebdomadaire afin d'obtenir l'évolution des boutures depuis leur mise en pot.

- **Nombre de boutures enracinées**

Le comptage a été effectué en plein. Les boutures ont été dépotées afin de voir si oui ou non un système racinaire s'est quand même développé (Photo 7) (CF ANNEXE 5).

L'observation de l'enracinement a été faite à la fin de l'essai, et toutes les boutures dépotées ont été repiquées dans de nouveaux pots.

Photo 7: Bouture ayant repris (à gauche) et bouture enracinée (à droite)

- **Nombre d'entrenœuds**

Le comptage des entrenœuds est en plein. Ce paramètre détermine la croissance des plants vu que la taille des boutures n'est pas pareille au départ. Les entrenœuds initiaux des boutures n'ont pas été pris en compte, seuls les nouveaux ont été considérés.

De même que le nombre de boutures vivantes, les données sur les entrenœuds ont été collectées par semaine.

2.5.2.2. Paramètres environnementaux

- **Température**

La température est un facteur qui influence la croissance des plants (CALVET, 1966) et elle doit être prise à des heures fixes (VILAIN, 1993).

Pour l'essai, la température sous couverture est prélevée à l'aide d'un thermomètre fixe (Photo 8). Les heures de collecte des données de température sont à 8h, à 12h et 16h afin de détecter les variations journalières de la température. L'unité considérée est le °C.

Photo 8: Thermomètre sous couverture

- **Luminosité**

Ce paramètre est important. En effet, la lumière active la fonction chlorophyllienne ainsi que la transpiration de la plante (CALVET, 1966). Chaque espèce possède un seuil d'éclairement favorable à sa croissance (BRINET, BRUNEL, 1968).

L'intensité lumineuse est prélevée quotidiennement grâce au luxmètre (Photo 9). L'unité de mesure est le KLux. Les heures de collecte sont à 8h, à 12h et 16h. Pour chaque parcelle, la luminosité est prise sur trois points à cause de l'hétérogénéité de la perméabilité des couvertures.

Photo 9: Luxmètre

2.5.3. Traitements et analyse des données

2.5.3.1. Arrangement des données

Les données brutes ont été saisies régulièrement dans le tableur Excel. Les données ont été arrangées selon les facteurs pour les deux dispositifs. Pour faciliter les traitements, les observations sont mises en ligne tandis que les facteurs en colonne.

2.5.3.2. Paramètres à analyser

- **Taux de reprise**

Le taux de reprise est défini comme étant le rapport entre le nombre total de boutures vivantes et le nombre total de boutures plantées. (DIATTA *et al.*, 2007)

- **Taux d'enracinement**

Il s'agit du rapport entre le nombre total de boutures enracinées et le nombre total de boutures plantées.

- **Nombre maximal d'entrenœuds**

Du fait de la prise en compte du nombre d'entrenœuds pour l'ensemble des lots et non par individu, seul le nombre maximal d'entrenœuds par lot est considéré.

- **Température**

Les données brutes de température ont été triées. Les températures minima et maxima sont prises et la température moyenne calculée.

- **Luminosité**

La luminosité moyenne est calculée pour les trois points de prélèvement et a servi pour les traitements. Également, la luminosité maximale et la luminosité minimale sont considérées. La luminosité moyenne pour chaque heure est calculée.

2.5.3.3. Analyse des données

- **Représentations graphiques**

L'emploi des histogrammes groupés permet de comparer des valeurs pour différents groupes. Les groupes sont, dans le cas de l'expérimentation, les différentes variables qui sont associées deux à deux ou sont analysées unes à unes : morphotype-provenance, couverture, provenance-couverture, morphotype-substrat, morphotype-type de bouture.

Les courbes montrent l'évolution mensuelle de la température moyenne et de l'intensité lumineuse mensuelle sous chaque couverture.

Les nuages de points ont permis d'obtenir la répartition des différents lots selon les modalités des facteurs par dispositif.

- **Traitements statistiques**

Les analyses statistiques permettent de réaliser une analyse comparative des différentes modalités pour les facteurs

- Test normalité

Le test de normalité de Shapiro-Wilk est le premier test à employer pour tous les échantillons : données température, données intensité lumineuse, données taux de reprise, données taux d'enracinement. Les résultats sont acceptés au seuil de 0,05.

- CAH

La CAH assure la répartition des données dans un certain nombre de classes. Elle utilise la distance entre chacune des données pour mesurer la dissimilarité entre les observations et les classe en fonction de cette dissimilarité. Les observations sont réparties en différentes classes selon le taux de reprise et selon le taux d'enracinement.

- ANOVA

L'ANOVA permet d'étudier les effets d'une variable sur les échantillons. Les variables sont : la provenance, le morphotype, le substrat, le type de bouture et de couverture. L'ANOVA est suivi du test de Tukey afin d'effectuer une comparaison par paire pour les modalités et faire ressortir les différents groupes. L'ANOVA est réalisée au seuil de 0,05. L'ANOVA ne peut être réalisé que si les échantillons suivent la loi Normale.

- Test Mann Whitney

Le test de Mann Whitney pour deux échantillons a été utilisé afin de comparer la température et l'intensité lumineuse sous les deux types de couverture. Le test de Mann Whitney est effectué au seuil 0,05. C'est un test non paramétrique, il est employé sans tenir compte des conditions de normalité. Le recours au test non paramétrique n'a eu lieu qu'après transformation des données, si la normalité n'est pas toujours vérifiée.

2.6. Cadre opératoire

Tableau 3: Cadre opératoire

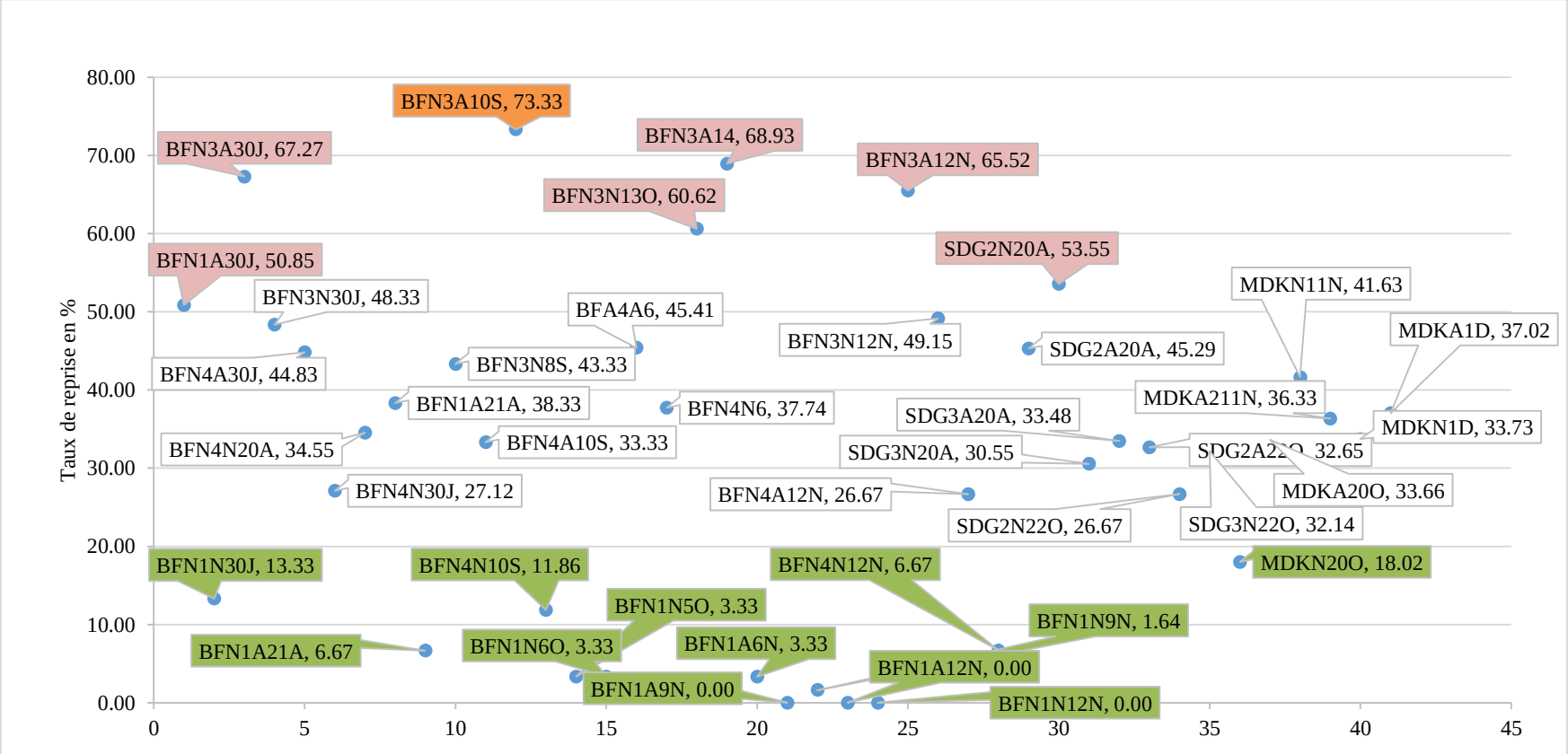
PROBLEMATIQUE	QUESTIONS SPECIFIQUES	HYPOTHESES	INDICATEURS	METHODOLOGIE	RESULTATS ATTENDUS
Quels sont les paramètres qui déterminent le bouturage du *Tsiperifery* ?	Sous quelles conditions biologiques et écologiques doivent être les boutures pour obtenir des résultats satisfaisants ?	Le taux de réussite du bouturage du *Tsiperifery* est influencé par la provenance et le morphotype des boutures.	Taux de reprise Taux d'enracinement	Comptage hebdomadaire du nombre de boutures vivantes Comptage en fin d'expérimentation des boutures enracinées Représentation graphique taux de reprise et taux d'enracinement selon les facteurs, évolution température et luminosité. CAH suivant taux de reprise et taux d'enracinement ANOVA deux facteurs Test Mann Whitney température et luminosité	Morphotype et provenance présentant les meilleurs résultats pour le bouturage
	Quel est l'itinéraire technique le plus adapté au bouturage du *Tsiperifery*?	Le taux de réussite du bouturage du *Tsiperifery* est dépendant de l'itinéraire technique suivi : couverture, type de bouture, substrat.	Taux de reprise Taux d'enracinement Température Luminosité		Couverture, type de bouture et substrat adaptés au développement des boutures de *Tsiperifery*

3. RESULTATS

Dans cette partie, les résultats pour chaque dispositif seront présentés un à un. Dans un premier temps, les résultats sur le taux d'enracinement, sur le taux de reprise pour l'ensemble des facteurs seront présentés. Par la suite, chaque facteur sera considéré un à un afin de faire ressortir le protocole adéquat à la multiplication du *Tsiperifery* à Beforona.

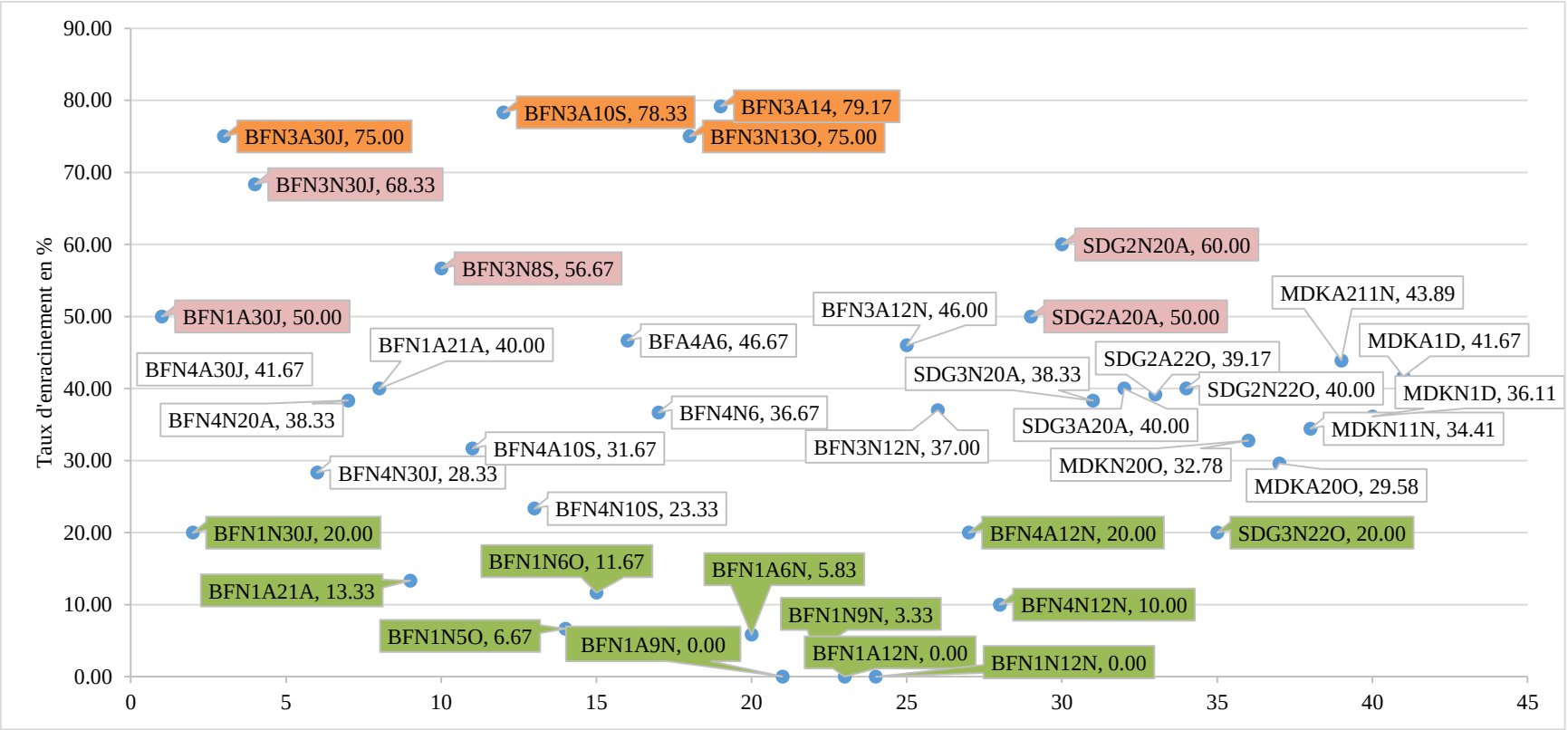
3.1. Dispositif 1

Les deux graphes suivants montrent les différents lots de boutures par ordre décroissant de taux de reprise (graphe 1) et de taux d'enracinement (graphe 2)



Graphe 1: Représentation des lots du dispositif 1 par taux de reprise

BFN : Beforona, SDG : Sandrangato, MDK : Manndraka, N : couverture naturelle, A : couverture artificielle.



Graphe 2: Représentation des lots du dispositif 1 par taux d'enracinement

BFN : Beforona, SDG : Sandrangato, MDK : Manndraka, N : couverture naturelle, A : couverture artificielle.

En général, les boutures de provenance Beforona qui possèdent le morphotype 3 se trouvent être les meilleures au niveau des taux de reprise et d'enracinement. Les taux d'enracinement et les taux de reprise en dessous de 20% sont pour les boutures de provenance Beforona mais de morphotype 1. La réalisation de CAH pour chaque indicateur de réussite de bouturage fait sortir les groupes dans le tableau 4.

Tableau 4: Résultats du CAH pour le dispositif 1

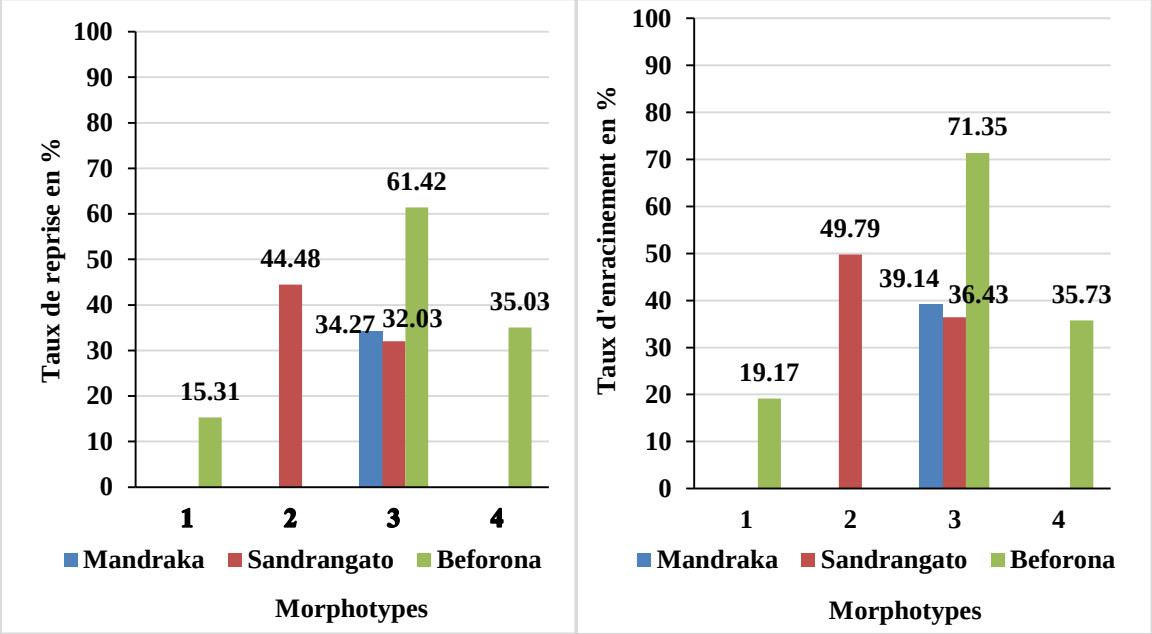
Reprise			**Enracinement**		
Groupe 1	**Groupe 2**	**Groupe 3**	**Groupe 1**	**Groupe 2**	**Groupe 3**
BFA4A6	BFN1A12N	BFN3A12N	BFA4A6	BFN1A12N	BFN3A10S
BFN1A21A	BFN1A21A	BFN3A14	BFN1A21A	BFN1A21A	BFN3A14
BFN1A30J	BFN1A6N	BFN3A30J	BFN1A30J	BFN1A6N	BFN3A30J
BFN1N6O	BFN1A9N	BFN3N13O	BFN3N8S	BFN1A9N	BFN3N13O
BFN3A10S	BFN1N12N	BFN4A10S	BFN4A10S	BFN1N12N	BFN3N30J
BFN3N12N	BFN1N30J		BFN4A30J	BFN1N30J	
BFN3N30J	BFN1N5O		BFN4N20A	BFN1N5O	
BFN3N8S	BFN1N9N		BFN4N30J	BFN1N6O	
BFN4A12N	BFN4N10S		BFN4N6	BFN1N9N	
BFN4A30J	BFN4N12N		MDKA1D	BFN3A12N	
BFN4N20A	BFN4N6		MDKA20O	BFN3N12N	
BFN4N30J	MDKN20O		MDKA211N	BFN4A12N	
MDKA1D			MDKN11N	BFN4N10S	
MDKA20O			MDKN1D	BFN4N12N	
MDKA211N			MDKN20O	SDG3N22O	
MDKN11N			SDG2A20A		
MDKN1D			SDG2A22O		
SDG2A20A			SDG2N20A		
SDG2A22O			SDG2N22O		
SDG2N20A			SDG3A20A		
SDG2N22O			SDG3N20A		
SDG3A20A					
SDG3N20A					
SDG3N22O					

Le groupe 1 réunit les lots dont le taux d'enracinement et le taux de réussite seraient satisfaisants tandis que le groupe 2 rassemble les lots dont le taux d'enracinement et le taux de reprise seraient très bas. Les groupes obtenus à partir du taux d'enracinement ne sont pas semblables aux groupes formés à partir du taux de reprise, bien qu'il y ait quelques similitudes.

Les résultats suivants détaillent les différents facteurs étudiés pour le dispositif 1 : morphotype, provenance et couverture.

3.1.1. Facteurs morphotype et provenance

Les deux graphes suivants classent le taux de reprise et le taux d'enracinement selon les facteurs morphotype et provenance.



Graphe 3: Taux de reprise et taux d'enracinement par morphotype et provenance

D'après le graphe et le tableau, les lots en provenance de Beforona ayant le morphotype 3 seraient classés parmi les meilleurs, que ce soit pour le taux de reprise (en moyenne : 61,42%) que pour le taux d'enracinement (en moyenne : 71,35%). Les lots de boutures en provenance de Beforona de morphotypes 1 et 4 seraient les lots qui ont un taux de reprise et un taux d'enracinement médiocres. Les lots issus de Sandrangato et de Mandraka, en termes de taux de reprise (TR) et d'enracinement (TE), seraient intermédiaires. L'analyse de variance (ANOVA) réalisée au seuil de 5% démontre cette différence significative entre les différents lots (TR, Pr > F= < 0.0001/TE, Pr > F= < 0.0001). (CF ANNEXE 10).

Des raisons d'ordre morphologique et biologique pourraient expliquer cette différence entre les quatre morphotypes. En considérant la description des morphotypes, il est constaté que M1 et M4 ont la

particularité respective d'avoir des feuilles crassulescentes et coriaces, contrairement à M2 et M3. Ces particularités pourraient être la cause de leur reprise et enracinement difficiles.

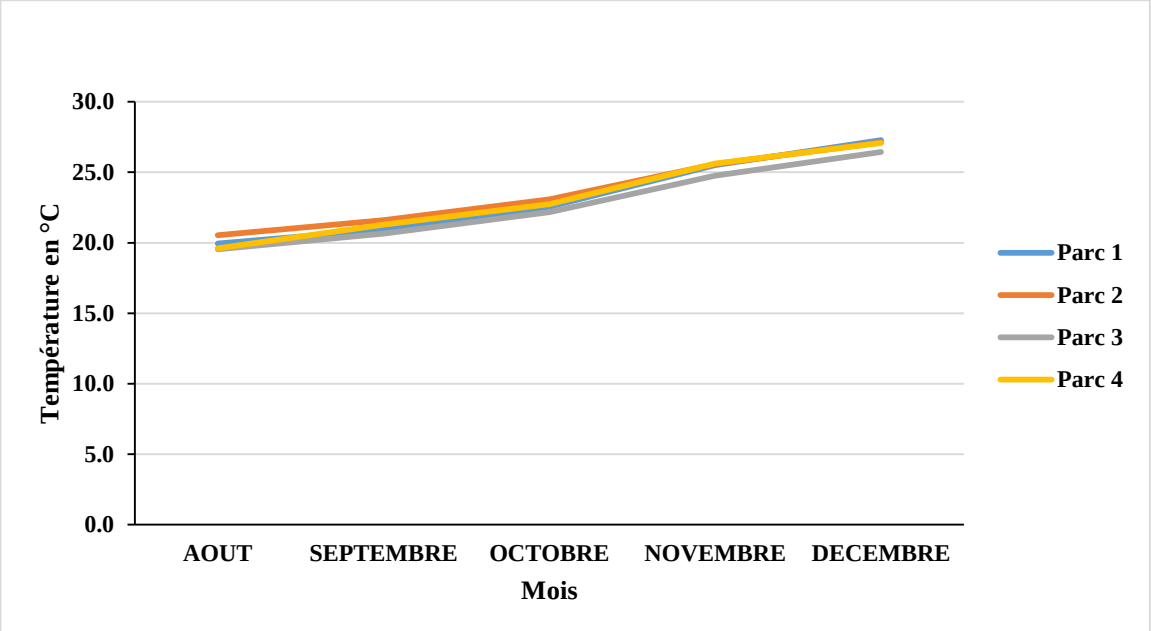
Pour le morphotype 3 qui appartient aux trois provenances, les boutures de Beforona présenteraient de meilleurs résultats par rapport aux boutures de Sandrangato et Mandraka.

3.1.2. Facteur couverture

En ce qui concerne le facteur type de couverture, les diverses analyses sur la température, la luminosité, le taux de reprise et le taux d'enracinement ont donné les résultats suivants.

3.1.2.1. Paramètre température

La courbe ci-dessous fait apparaître l'évolution de la température enregistrée sous les parcs à boutures. Les parcs 1 et 4 sont à couverture artificielle tandis que les parcs 2 et 3 sont à couverture naturelle.



Graphe 4: Evolution de la température pour les quatre parcs

Tableau 5: Température pour les parcs 1 et 2

MOIS	TEMPERATURE MAXIMALE (en °C)		TEMPERATURE MINIMALE (en °C)		TEMPERATURE MOYENNE (en °C)	
Parc	**1 (ART)**	**2 (NAT)**	**1 (ART)**	**2 (NAT)**	**1 (ART)**	**2 (NAT)**
AOUT	23.1	23.1	14.0	16.2	20.0	20.5
SEPTEMBRE	25.7	25.7	16.8	18.0	20.9	21.6
OCTOBRE	26.5	27.2	19.8	20.1	22.6	23.1
NOVEMBRE	29.0	29.4	18.0	19.0	25.5	25.6
DECEMBRE	31.0	30.7	22.7	23.1	27.3	27.1

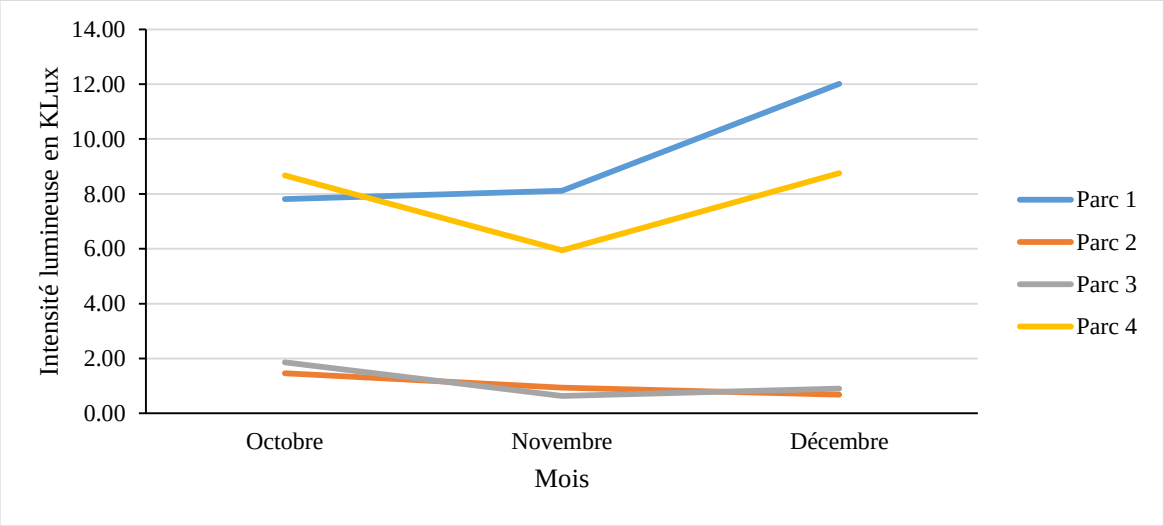
Tableau 6: Température pour les parcs 3 et 4

MOIS	TEMPERATURE MAXIMALE (en °C)		TEMPERATURE MINIMALE (en °C)		TEMPERATURE MOYENNE (en °C)	
Parc	**3 (NAT)**	**4 (ART)**	**3 (NAT)**	**4 (ART)**	**3 (NAT)**	**4 (ART)**
AOUT	21.7	23.2	22.8	23.2	26.4	27.1
SEPTEMBRE	24.5	30.5	22.8	23.2	26.4	27.1
OCTOBRE	25.5	27.5	19.0	19.0	22.2	22.7
NOVEMBRE	28.5	30.0	18.1	18.0	24.8	25.6
DECEMBRE	29.3	30.5	22.8	23.2	26.4	27.1

En prenant compte des paramètres enregistrés sous couverture, selon le test de Mann-Whitney, les températures enregistrées sous les deux types de couverture dans le tableau 4 et dans le tableau 5 ne présentent aucune différence significative au seuil de 0,05 (8h, Pr > F= 0.462 /12h, Pr > F= 0.803/ 16h, Pr > F= 0.166) (CF ANNEXE 8). La température sous couverture naturelle et sous couverture artificielle est partout la même.

3.1.2.2. Luminosité

L'évolution de la luminosité enregistrée lors de l'expérimentation, sous les quatre parcs, est présentée sur la courbe suivante



Graphe 5: Evolution de la luminosité pour les quatre parcs

Tableau 7: Luminosité enregistrée sous les quatre parcs

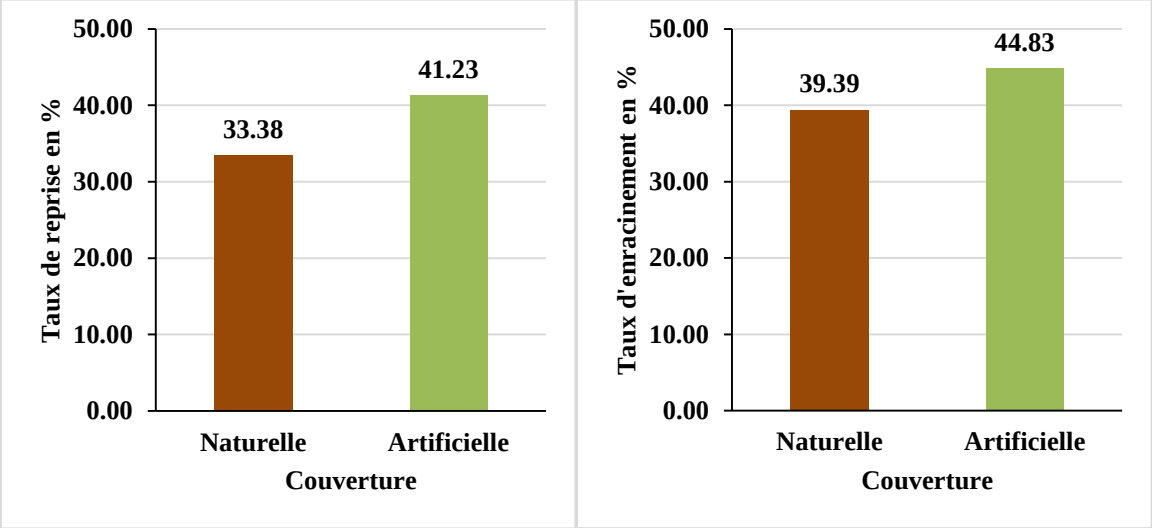
Heure de relevé	Parc	Luminosité maximale en KLux	Luminosité minimale en KLux	Luminosité moyenne en KLux
8h	**1**	31.31	1.51	11.99
	2	23.63	0.15	1.53
	3	22.45	0.22	1.08
	4	22.58	0.16	6.00
12h	**1**	44.80	0.12	15.80
	2	2.49	0.03	0.93
	3	2.97	0.03	1.21
	4	47.08	0.10	14.87
16h	**1**	10.58	0.44	2.38
	2	1.27	0.04	0.30
	3	5.67	0.06	0.55
	4	11.04	0.33	2.46

Néanmoins, pour le cas de la luminosité sous les deux types de couverture affichée dans le tableau 6, au seuil de 5%, une différence significative est constatée (8h, Pr > F= < 0.0001/12h, Pr > F= < 0.0001/ 16h, Pr > F= < 0.0001) (CF ANNEXE 9). L'architecture des couvertures pourrait être la cause de cette différence. La couverture de type naturel est compacte et laisse passer une petite quantité de lumière plus ou moins inchangée au cours de l'expérimentation. La couverture artificielle est plus perméable

que la couverture naturelle et la quantité de lumière qu'elle laisse passer dépend de la luminosité extérieure.

3.1.2.3. Taux de reprise et taux d'enracinement

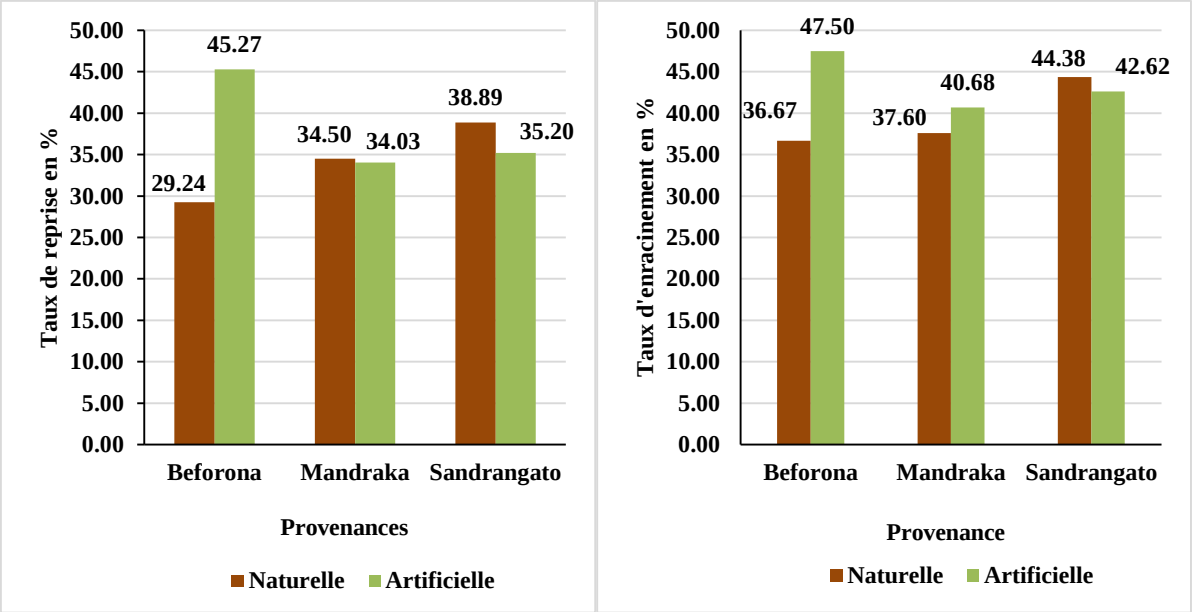
Les taux de reprise et les taux d'enracinement moyens sous les deux types de, couverture sont montrés dans les graphes suivants.



Graphe 6: Taux de reprise et taux d'enracinement par type de couverture

Les deux graphes affichent des taux de reprise et d'enracinement qui seraient légèrement élevés pour les lots sous couverture artificielle (41,23% et 44,83% contre 33,38% et 39,39%). L'ANOVA montre qu'aucune différence significative n'apparaît entre les lots sous différents types d'couverture (TR, Pr > F= 0.160 /TE, Pr > F=0.339) (CF ANNEXE 10).

Les deux graphes ci-dessous complètent les données sur le taux d'enracinement et sur le taux de reprise par type de couverture en considérant en plus le facteur « provenance ».



Graphe 7: Taux de reprise et taux d'enracinement par type de couverture et par provenance

En traçant l'évolution de la reprise des boutures des lots, les lots en provenance de Beforona auraient une affinité pour la couverture artificielle, contrairement aux lots en provenance de Mandraka et de Sandrangato. (CF ANNEXE 11)

Tableau 8: Présentation évolution du nombre maximal d'entrenœuds sous les deux types de couverture

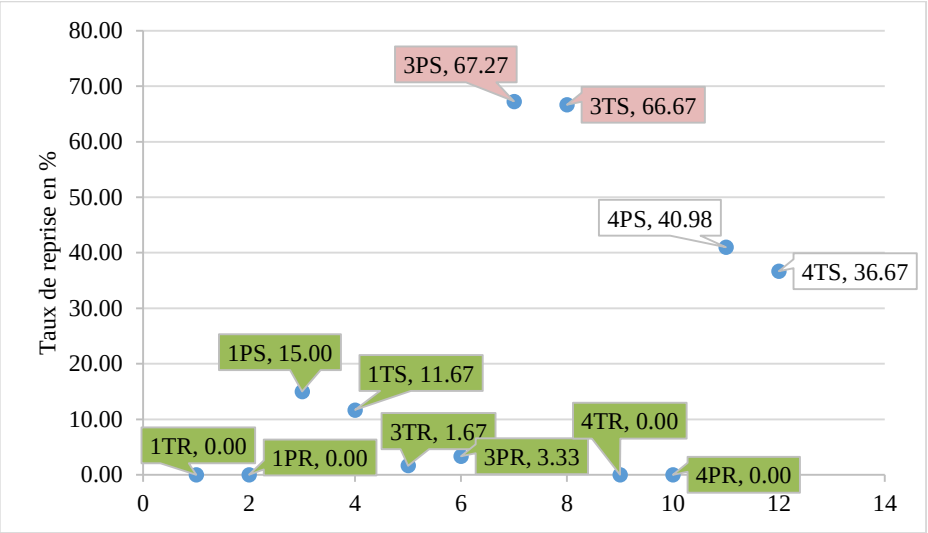
MORPHOTYPE ET PROVENANCE		BFN 1							
DATE MISE EN POT		30 JUIL		21 AOUT		09-nov		12-nov	
TYPE D'OMBRIERE		NAT	ART	NAT	ART	NAT	ART	NAT	ART
DATE RELEVE	16-déc	2	0	0	0	0	0	0	0
	30-déc	5	0	0	3	0	0	0	0
	12 JANV	5	1	1	3	0	0	0	0
	18 JANV	7	1	1	3	0	0	0	0
MORPHOTYPE ET PROVENANCE		BFN 3							
DATE MISE EN POT		30 JUIL		08-sept		03-oct		12-nov	
TYPE D'OMBRIERE		NAT	ART	NAT	ART	NAT	ART	NAT	ART
DATE RELEVE	16-déc	4	9	4	5	3	5	0	0

	30-déc	4	10	4	5	3	5	1	1
	12 JANV	4	10	4	8	4	9	2	2
	18 JANV	4	14	6	9	6	10	2	2
MORPHOTYPE ET PROVENANCE		BFN 4							
DATE MISE EN POT		30 JUIL		10-sept		06-oct		12-nov	
TYPE D'OMBRIERE		NAT	ART	NAT	ART	NAT	ART	NAT	ART
DATE RELEVE	16-déc	3	5	2	4	1	2	0	1
	30-déc	3	5	2	5	1	4	1	1
	12 JANV	3	5	2	6	1	5	1	1
	18 JANV	4	6	3	6	2	6	1	3
MORPHOTYPE ET PROVENANCE		SDG 2				SDG 3			
DATE MISE EN POT		20 AOUT		22-oct		20 AOUT			
TYPE D'OMBRIERE		NAT	ART	NAT	ART	NAT	ART		
DATE RELEVE	16-déc	12	11	4	4	11	11		
	30-déc	12	11	5	4	11	11		
	12 JANV	14	11	6	4	11	12		
	18 JANV	16	17	8	5	13	13		
MORPHOTYPE ET PROVENANCE		MDK 3							
DATE MISE EN POT		20-oct		11-nov		01-déc			
TYPE D'OMBRIERE		NAT	ART	NAT	ART	NAT	ART		
DATE RELEVE	16-déc	8	6	5	3	0	0		
	30-déc	8	6	5	3	1	1		
	12 JANV	8	8	7	4	3	3		
	18 JANV	10	8	9	5	5	4		

Les résultats de la détermination du nombre maximal d'entrenœuds par lot du tableau 7 confirment l'affinité des boutures de Beforona à la couverture artificielle. L'exposition des pieds-mères des boutures de Beforona qui sont plus à découvert que ceux de Sandrangato et de Mandraka qui sont sous canopée pourrait être la cause de cette particularité des boutures de Beforona.

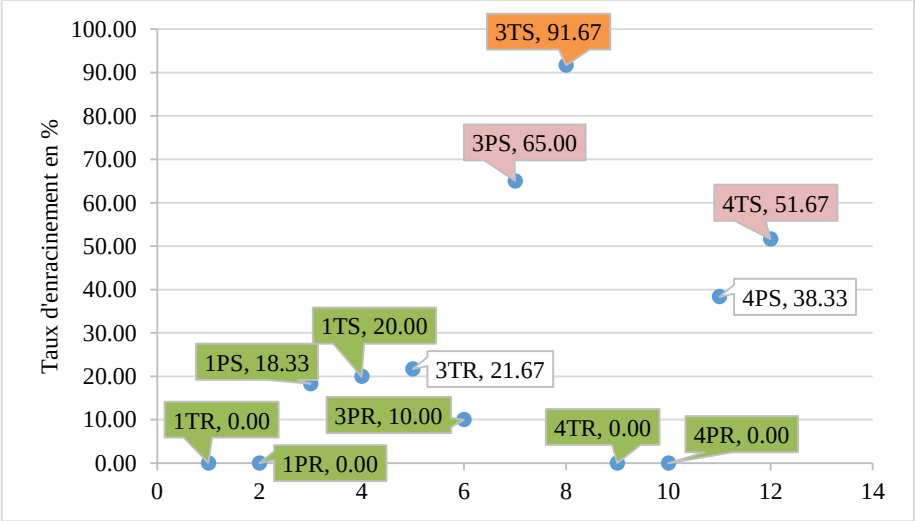
3.2. Dispositif 2 : type de bouture, substrat

Les deux graphes qui suivent résument les résultats sur le dispositif 2 qui tient compte des facteurs type de bouture et substrat. Ils classent par ordre décroissant les lots de boutures selon la valeur du taux de reprise (graphe 8) et du taux d'enracinement (graphe 9).



Graphe 8: Représentation des lots du dispositif 2 par taux de reprise

P : substrat mélangé, T : terre noire, S : stolon, R : rameau.



Graphe 9: Représentation des lots du dispositif 2 par taux d'enracinement

P : substrat mélangé, T : terre noire, S : stolon, R : rameau.

Les deux graphes montrent d'un commun accord que les boutures utilisant les portions de stolons, appartenant au morphotype 3 seraient les plus aptes au bouturage. L'utilisation du rameau comme bouture ne serait pas efficace selon les graphes. Leurs taux de reprise et leurs taux d'enracinement sont au-dessous de 20%, peu importe le morphotype. Apparemment, les performances des deux substrats ne seraient pas différentes. Les résultats du CAH sont présentés dans le tableau 8.

Tableau 9: Résultats du CAH du dispositif 2

Reprise			Enracinement		
Groupe 1	**Groupe 2**	**Groupe 3**	**Groupe 1**	**Groupe 2**	**Groupe 3**
1PR	4PS	3PS	1PR	3PS	3TS
1PS	4TS	3TS	1PS	4PS	
1TS			1TS	4TS	
3TR			3TR		
3PR			3PR		
4TR			4TR		
4PR			4PR		

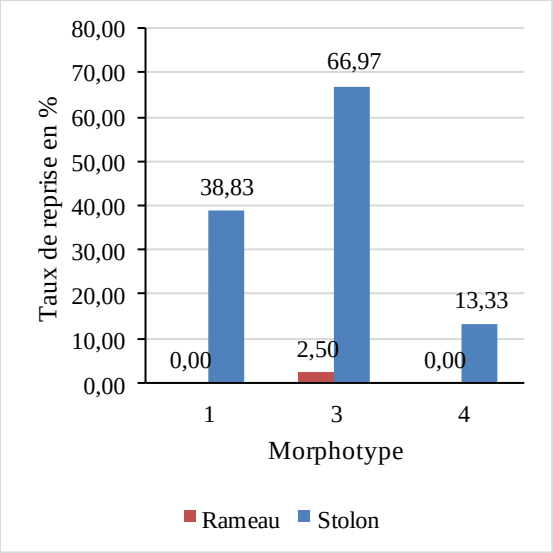
Les caractéristiques des trois groupes sont :

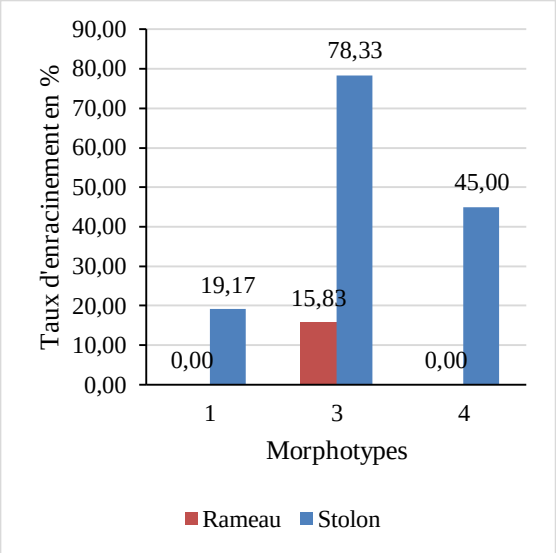
- Groupe 1 : taux de reprise/taux d'enracinement très bas
- Groupe 2 : taux de reprise/taux d'enracinement moyens
- Groupe 3 : taux de reprise/taux d'enracinement élevés

Les groupes 2 et 3 présentent une différence pour les deux indicateurs de réussite du bouturage.

3.2.1. Facteur type de bouture

Les deux graphes affichent le taux de reprise et le taux d'enracinement selon les facteurs type de bouture et morphotype.





Graphe 10: Taux de reprise et taux d'enracinement par type de bouture

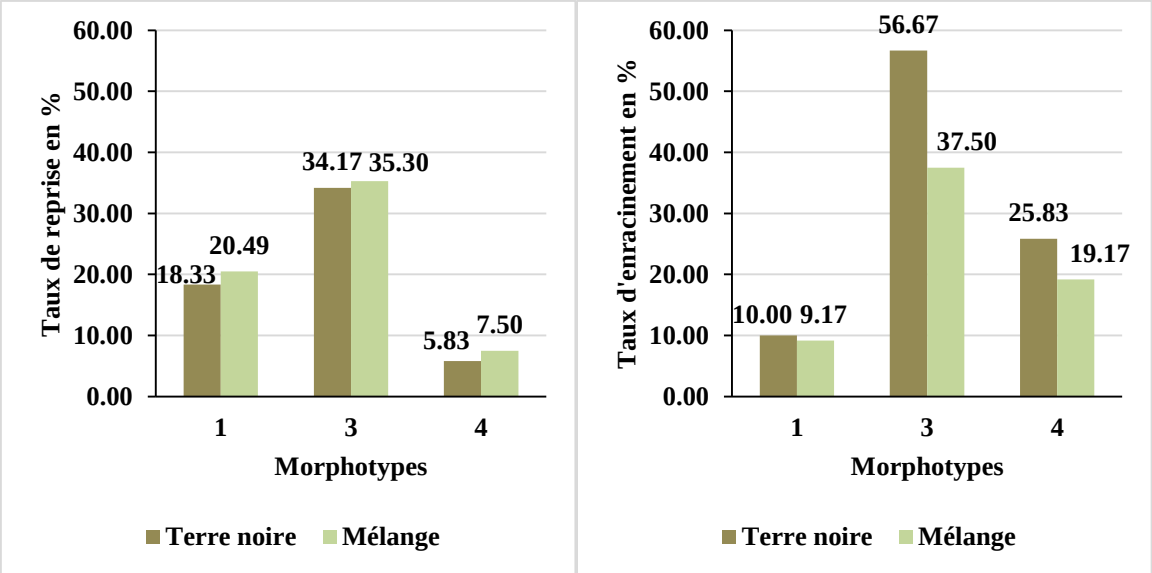
Des deux graphes, les lots de boutures ayant le type “stolon”auraient de loin une meilleure reprise (38,83% pour le morphotype 1, 66,97% pour le morphotype 3 et 13,33% pour le morphotype 4) contre ceux de type « rameau » (0% pour le morphotype 1, 2,5% pour le morphotype 3 et 0% pour le morphotype 4). Il en est de même pour le taux d’enracinement (19,17%, 78,33%, 45% contre 0%, 15,83% et 0%). Les lots de morphotype 3 auraient toujours les taux les plus élevés.

Les deux graphes démontrent les écarts entre le taux de reprise et le taux d’enracinement. Ce dernier est supérieur au taux de reprise. Le taux de reprise tient compte de la partie aérienne des plants tandis que l’enracinement concerne la partie souterraine des plants. D’où les écarts qui sont expliqués par les boutures qui n’ont pas développé de partie aérienne depuis leur mise en pot, mais qui, pourtant, ont développé des racines.

Selon le graphe et le tableau, les lots de boutures provenant des stolons présenteraient de meilleurs résultats que ceux issus des rameaux. L’ANOVA indique cette différence significative au seuil de 5% (TR, Pr > F= 0.003 /TE, Pr > F=0.006) (CF ANNEXE 10). Le matériel végétal jeune montrerait une meilleure performance par rapport au matériel âgé. Les résultats confirment les performances des boutures de Beforona ayant le morphotype 3. Toujours, une différence significative est constatée au seuil de 0.05. (TR, Pr > F=< 0.0001 /TE, Pr > F=0.001) (CF ANNEXE 10).

3.2.2. Facteur substrat

Les graphes ci-dessous montrent les valeurs générales du taux de reprise et du taux d’enracinement selon les facteurs substrat et morphotype.



Graphe 11: Taux de reprise et taux d'enracinement par substrat

Concernant le substrat utilisé, les lots des boutures y seraient indifférents. Le taux de reprise des lots utilisant le composé mélangé est légèrement supérieur à celui des lots employant la terre noire. Pour le taux d'enracinement, la situation est inversée.

L'ANOVA confirme qu'il n'y aucune différence significative entre les deux types de substrat (TR, Pr > F=0.918 /TE, Pr > F=0.650) (CF ANNEXE 10). La terre noire prélevée dans les bas-fonds de Beforona possèderait donc les mêmes propriétés que le mélange terre noire-sable-fumier qui est un mélange équilibré et très riche.

4. DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS

4.1. Discussion

4.1.1. Sur la méthodologie

4.1.1.1. Choix du bouturage

Étant donné que la production maximale et rapide de plants a été un des buts de l'essai, le bouturage s'avère être une technique adéquate selon MARTIN (1977) et SEREME *et al.* (2008).

Par rapport à l'utilisation des graines en tant que matériel de reproduction, les boutures ont l'avantage de reproduire une progéniture de plantes génétiquement identiques à partir d'un pied-mère (SEREME *et al.*, 2008 ; TCHOUNDJEU *et al.*, 2008). La qualité des fruits sera donc maintenue.

4.1.1.2. Zone de collecte

Même si les trois zones se trouvent en altitude, en tenant compte de l'altitude maximale et de l'altitude minimale, il est évident qu'il y a quand même une différence d'altitude entre Beforona, Mandraka et Sandrangato. Par altitude la plus élevée décroissante, l'ordre se présente comme suit : Mandraka, Beforona et Sandrangato.

En termes de climat, les trois zones présentent quelques diversités. La zone de Beforona est plus arrosée. En se fiant au tableau de présentation des sites de collecte sur la température moyenne annuelle, la zone de Mandraka a la température la plus basse parmi les trois provenances.

4.1.1.3. Morphotype

L'utilisation du morphotype comme variable présente quelques inconvénients. Son identification n'est pas toujours évidente dans les sites où aucun suivi n'a encore été effectué sur les pieds de *Tsiperifery*. Des erreurs apparaissent et les boutures de morphotypes différents sont parfois mélangées. Des qualifications telles que « petites » ou « grandes » feuilles portent à confusion. Les morphotypes 1 et 4 de Beforona sont nettement identifiables par rapport aux morphotypes 2 et 3 qui sont souvent confondus si les pieds-mères ne font pas l'objet de suivis.

4.1.1.4. Type de bouture

Le prélèvement de deux types de boutures dans le dispositif 2 a été réalisé afin d'affiner les résultats sur la meilleure bouture. Par suite des premiers résultats sur le premier dispositif, une erreur est constatée : le type de bouture dans les lots pour chaque dispositif 1 n'est pas le même. Les boutures sont mélangées dans les lots : les stolons tendres, semi-aoutés sont nombreux contrairement aux rameaux lignifiés et ceux semi-lignifiés.

Les études sur le bouturage sont nombreuses et pour chaque espèce, tel type de bouture lui convient mieux que tel autre. Utiliser deux types de boutures est intéressant, mais pour plus de précision car, une

fois encore, le degré de lignification des deux types n'a pas été pris en compte, séparer les types selon d'autres variables est nécessaire.

4.1.1.5. Substrat

Deux types de substrat par morphotype et par type de boutures sont utilisés pour le dispositif 2. Prendre en compte un substrat simple (terre noire) et un substrat composé (terre noire, fumier, sable) est identique aux études effectuées par RAMAMONJISOA en 1995 sur l'*Eucalyptus robusta*.

L'origine de la terre noire peut poser un problème. Elle a été prélevée en bas-fond et non dans le site de collecte des boutures où se trouvent les pieds-mères. Ce qui pourrait expliquer sa performance qui est presque identique au substrat composé lequel est pourtant un substrat équilibré et riche. Cela suppose que le sol prélevé qui a été utilisé en substrat simple est un sol riche et adapté au bouturage du *Tsiperifery*.

Néanmoins, l'utilisation de terre prélevée directement sous le pied de *Tsiperifery* serait intéressante. En effet, car cette terre conserve les microorganismes responsables de la croissance et du développement du *Tsiperifery* tels que les mycorhizes.

4.1.1.6. Couverture

Par rapport aux autres pépinières, la couverture est placée à 2 m de haut de chaque parcelle. Des raisons techniques en sont la cause : le déplacement du personnel lors des suivis et entretien qui ne perturbe pas les jeunes plants, la couverture n'ayant pas besoin d'être enlevée à chaque opération. Compte tenu de la température à Beforona et du rôle de la couverture comme régulateur de la chaleur (ANDRIANOELINA, 2014), une couverture placée à une hauteur élevée donne une ambiance plus favorable aux jeunes plants.

Toutefois, des inconvénients sont à signaler durant les expérimentations. La couverture naturelle utilisée (*Ravenala madagascariensis*) présente des défauts. La gestion de l'ombrage est très difficile à cause de l'architecture des feuilles contrairement à celle des feuilles de palmier qui peuvent être facilement manipulées. Lors des grosses pluies durant la période d'expérimentation, les feuilles de *Ravinala* accumulent l'eau de pluie qui, à un certain moment, détruit une partie de la couverture. Et aux prochaines pluies, les trous formés sont préjudiciables aux jeunes plants : de grosses gouttes de pluie se forment au contact de la couverture et tombent avec un impact important, déchaussant ou inondant les jeunes plants. Les feuilles de palmier ainsi que la couverture artificielle réduisent les impacts de la pluie sur les jeunes plants du fait de la régularité des trous et de leur perméabilité. La hauteur de la couverture et sa nature ont un effet sur la réussite du bouturage comme indique l'AGENCE BENINOISE POUR L'ENVIRONNEMENT en 1998.

Lors de l'expérimentation, le degré de couverture des deux types n'a pas été modifié en fonction du développement des plants. Ce fait pourrait avoir des effets positifs ou négatifs sur les plants. En considérant le coût de construction des dispositifs à couverture, il est à remarquer que le dispositif à couverture naturelle est plus à la portée de tous que le dispositif à couverture artificielle (CF ANNEXE 6 et ANNEXE 7)

4.1.1.7. Collecte des boutures

Les dates de collecte de boutures ne sont pas identiques pour les lots (ANNEXE 4). Néanmoins, pour le cas de Beforona, des efforts ont été entrepris afin de coïncider au mieux les dates de collecte et de mise en pot de boutures de lots nécessitant des comparaisons. C'est le cas par exemple de bouture de même morphotype mais dont le type de couverture diffère (CF ANNEXE 4).

La disponibilité des boutures constitue une limite à la collecte. Pour le cas de Sandrangato et de Mandraka, la collecte des boutures devait se faire en une fois au moins pour chaque lot. Or, la plupart du temps, les lots ne sont pas remplis en une seule fois du fait que la collecte des boutures est fructueuse. Les lots incomplets sont chargés avec la prochaine collecte de bouture.

4.1.1.8. Période de collecte et de mise en pot des boutures

Généralement, les boutures ont été collectées durant des périodes de temps secs (jour collecte : absence de pluie). L'heure de collecte n'est pas fixe. Elle est effectuée soit de bon matin, soit en fin d'après-midi pour éviter les heures d'insolation fortes qui sont préjudiciables aux boutures. L'absence de pluie pendant le jour de collecte des boutures permet aux boutures de cicatriser et d'avoir une meilleure reprise.

L'exploitation de Mandraka tient compte de la croissance lunaire avant la collecte et la mise en pot des boutures. Cette pratique serait la source de réussite du développement et de la croissance des boutures de l'exploitation (plus de 80% de taux de réussite). En coïncidant les dates de collecte et de mise en pots des boutures de la station Beforona, il est remarqué qu'aucune des dates ne correspond aux périodes bénéfiques à la collecte et à la plantation. (THUN, 2015). Toutefois, la théorie sur la biodynamie reste encore à vérifier.

4.1.1.9. Taux de reprise et taux d'enracinement

Les études menées sur le bouturage utilisent le taux d'enracinement comme indicateur de réussite. De nombreux auteurs comme : RAMAMONJISOA (1995) ; DANTHU *et al.* (2002); RAMAROSON (2006) ; DANTHU, RAMAROSON, RAMBELOARISOA (2008) ; HOUEHOUNHA *et al.* (2009) ; LARIBI *et al.* (2013); ont employé le taux d'enracinement en tant qu'outil de détermination de la réussite du bouturage. Certains auteurs tels que DIATTA *et al.* en 2007, ont préféré l'utilisation du taux de reprise des boutures.

Bien que tenant compte de la réussite du bouturage, les deux paramètres présentent des différences. Le taux de reprise considère uniquement les boutures ayant bourgeonné et dont les bourgeons se sont développés tandis que le taux d'enracinement examine les boutures ayant donné un système racinaire, qui, selon la définition du bouturage, est le but de celui-ci.

Utiliser le taux de reprise induit en erreur. Certaines boutures ayant bourgeonné sont dépourvues de système racinaire (CF ANNEXE 5). Ces boutures ont dû utiliser leurs réserves afin d'assurer le développement des bourgeons au détriment des racines, comme l'affirment HOUEHOUNHA *et al.* en 2009. D'autres auteurs supposent que les racines apparaissent après formation des bourgeons (SEREME, *et al.*, 2008). Cette affirmation, par contre, contredit RAMAMONJISOA en 1995 qui déclare que la reprise des boutures commence par l'apparition des racines, ces dernières étant les organes de stabilité et de nutrition de la bouture.

Le taux de reprise est par conséquent, un indicateur subjectif sur la réussite du bouturage. Toutefois, l'utilisation des deux paramètres à la fois permet de déterminer les différences entre eux et de compléter les données. L'évolution du taux d'enracinement n'a pas été observée à chaque collecte de données afin de ne pas stresser les jeunes plants.

L'observation du système racinaire doit également être effectuée lors des prochaines recherches car la vigueur de la plante de la pépinière jusqu'à la plantation dépendra du système racinaire.

Des suivis ont été effectués sur les boutures après la détermination de leur enracinement. Le constat à émettre est que certaines boutures ont dépéri après le dépotement des boutures. La majorité des boutures restantes sont celles qui ont déjà développé des feuilles et des entrenœuds.

4.1.2. Sur les résultats

Les résultats présentés et décrits sont les premiers obtenus pour le bouturage de *Tsiperifery*. Des données de référence n'existent pas encore pour mener des comparaisons sur le bouturage du *Tsiperifery*. La discussion sur les résultats se divise en trois parties se portant respectivement sur la fiabilité des résultats, les résultats obtenus par rapport au bouturage d'autres espèces de poivrier, les résultats obtenus par rapport au bouturage d'autres espèces.

4.1.2.1. Fiabilité des résultats

Pour le dispositif 1, Beforona a été à la fois le lieu de collecte et de bouturage tandis que Mandraka et Sandrangato sont uniquement des lieux de collecte. Ce fait expliquerait le développement lent des boutures issues de ces deux provenances. Néanmoins, cela ne signifie pas forcément que les boutures de Mandraka et de Sandrangato ne sont pas aptes au bouturage.

L'absence de répétition pour le dispositif 2 pourrait être source d'erreurs quant aux résultats. La duplication de la combinaison des différentes modalités serait recommandée.

Concernant le test statistique, le test de Mann-Whitney est un test non paramétrique qui consiste à comparer deux échantillons. Étant donné que les conditions de normalité n'ont pas été remplies, il a fallu avoir recours à ce test. Le test de Mann Whitney est le test non paramétrique le plus puissant en termes de comparaison de deux échantillons indépendants. (NACHAR, 2008)

4.1.2.2. Résultats par rapport au bouturage du Poivrier noir (*Piper nigrum*)

Le meilleur taux de reprise enregistré lors de l'expérimentation est de 73,33% pour une durée de 5 mois pour des lots sous couverture artificielle (CF ANNEXE 11). SHARANGI, KUMAR, SAHU (2010) ont trouvé un taux de 80% en deux mois pour le cas du poivre noir (*Piper nigrum*) en utilisant des portions de lianes traitées par de l'AIB (Acide Indole 3-Butyrique).

Pour le taux d'enracinement, l'essai de multiplication a donné un taux maximal de 79,17% en 3 mois pour des boutures de morphotype 3 de Beforona sous couverture artificielle. THANUJA, RAMAKRISHNA, SREENIVASA (2002) ont obtenu un taux d'enracinement de 69,96% en 2 mois et demi par inoculation de mycorhize arbusculaire sur les boutures de poivrier noir (*Piper nigrum*). ANNANDARAJ et SARMA en 1994 ont eu un taux de 78,2% toujours par inoculation de mycorhize arbusculaire en un mois et demi, toujours pour le poivrier noir (*Piper nigrum*).

Le poivrier noir est une espèce domestiquée. Les recherches y afférents sont nombreuses, dans le but d'améliorer et d'accélérer la croissance, le développement et la rusticité des plants. Bien que les taux maximums de reprise et d'enracinement du *Tsiperifery* soient modestes par rapport au poivrier noir (*Piper nigrum*), ces taux sont quand même satisfaisants. En effet, les taux enregistrés pour le poivrier noir (*Piper nigrum*) sont expliqués par l'utilisation d'hormones ou de champignons qui favorisent le développement des racines des boutures alors que l'étude menée n'a eu recours à des substances ou des champignons pour faciliter l'enracinement des boutures.

Les meilleurs taux de reprise et d'enracinement de l'expérimentation sont pour le morphotype 3 de Beforona et pour le morphotype 2 de Sandrangato. Les autres morphotypes laissent encore à désirer. Plus de recherches doivent y être entreprises sur ce sujet pour expliquer leur réticence à la reprise et à l'enracinement.

Pour ce qui est du type de bouture convenable à la multiplication du *Tsiperifery*, les boutures des stolons rampants donnent de meilleur résultat. Une observation du développement des boutures a montré quand même que les boutures tendres sont vouées à mourir, tandis que les boutures semi-lignifiées se développent très bien. Mais à cause du mélange des stolons tendres et des stolons semi-lignifiés, ces résultats doivent être confirmés. Des auteurs qui ont travaillé sur le poivrier noir (*Piper nigrum*) ont affirmé que les boutures trop tendres et celles trop lignifiées sont à éviter pour le bouturage (KERAKALA AGRICULTURAL UNIVERSITY, 2013). Certains auteurs mentionnent uniquement l'utilisation de la tige orthotrope comme matériel de bouturage. (SIVARAMAN *et al.*, 1999). Étant

donné que dans l'essai de bouturage, les rameaux utilisées comme bouture sont des rameaux latéraux, les résultats sur le taux d'enracinement et sur le taux de reprise faibles confirment les dits de ces auteurs.

4.1.2.3. Résultats par rapport au bouturage d'autres espèces

La discussion se porte sur l'âge du matériel végétal. Les résultats de l'expérimentation ont montré que les boutures de stolons (matériel juvénile) ont donné les meilleurs résultats de bouturage par rapport à celles provenant des rameaux. DANTHU, *et al.* (2008) ; SANOGO, BADJI, AKPO (2008) ; AGBOGAN *et al.* (2014), ont trouvé les mêmes résultats pour d'autres espèces ligneuses.

La plupart des boutures de rameaux ont donné des bourgeons mais le système racinaire est complètement absent par suite des observations. Ce fait est dû à l'existence de réserve dans la bouture au moment de la plantation. Ces réserves ne sont pas suffisantes pour l'élaboration du système racinaire, d'où la non-viabilité des boutures.

La période de collecte et de mise en pot des boutures est à revoir. En effet, certains auteurs préconisent la collecte des boutures lignifiées durant la période sèche lorsque la croissance est minimale (VERHEIJ, 2005). D'autres proposent la fin de la saison sèche qui marque la reprise de la croissance (DANTHU *et al.*, 2002).

4.1.3. Vérification des hypothèses

Les hypothèses de recherche soumises au début du document sont :

Hypothèse 1 : Le taux de réussite du bouturage du *Tsiperifery* est influencé par le morphotype du matériel végétal et par sa provenance.

Hypothèse 2 : Le résultat du bouturage du *Tsiperifery* dépend de l'itinéraire technique suivi.

Au terme des résultats obtenus, la confirmation ou l'infirmation des hypothèses reste à effectuer afin d'apporter plus de connaissances sur la multiplication végétative du *Tsiperifery*.

Hypothèse 1 : Le taux de réussite du bouturage du *Tsiperifery* est influencé par le morphotype du matériel végétal et par sa provenance.

Cette hypothèse se divise en fait en deux : la réussite du bouturage par rapport au morphotype d'abord et celle par rapport à la provenance des boutures. Étant donné que le nom des espèces existantes pour l'ensemble des poivriers sauvages sous la dénomination du *Tsiperifery* n'est pas encore connu, ces morphotypes sont considérés comme représentant les espèces. Chaque morphotype possède sa particularité du point de vue morphologique. Les résultats de l'analyse de variance ont donné une différence significative entre les quatre morphotype existants. Cependant, ce résultat est incomplet car chaque zone de collecte possède des morphotypes qui leurs sont propres. Beforona en a trois, Mandraka un et Sandrangato deux.

Les conditions climatiques et pédologiques dans les trois zones sont assez différentes. Il en est de même pour le lieu même de collecte des boutures, c'est-à-dire de l'emplacement des pieds-mères de *Tsiperifery* (toposéquence, exposition au soleil).

Les résultats ont fait sortir des différences non significatives pour la reprise et pour l'enracinement des boutures pour les trois provenances. En combinant les deux facteurs « morphotype et provenance », des différences apparaissent entre le développement de tel morphotype provenant de tel site avec un autre de même morphotype mais de provenance différente. La faculté de reprise des boutures est variable suivant le morphotype et la reprise des boutures de morphotypes différents dépend de la provenance.

La première hypothèse se trouve confirmée : la réussite du bouturage du *Tsiperifery* est influencée par le morphotype et par la provenance.

Hypothèse 2 : Le résultat du bouturage du *Tsiperifery* dépend de l'itinéraire technique suivi.

Deux dispositifs ont servi à vérifier cette deuxième hypothèse. Le premier concerne le type de couverture et le second la combinaison substrat et type de bouture.

La couverture naturelle et la couverture artificielle, de visu, présentent des spécificités au niveau de la perméabilité. Les écarts entre les valeurs de la luminosité prises sous couverture naturelle et sous couverture artificielle confirment la différence entre leur perméabilité. Cependant, les températures enregistrées sous les deux types ne sont pas variables. Les tests de variance ont révélé l'absence de différence entre les taux d'enracinement et les taux de reprise sous les deux types de couverture. Toutefois, en combinant le facteur couverture avec le facteur provenance, une petite différence est constatée. Les deux types de couverture possèdent les mêmes performances, mais du point de vue coût, la couverture naturelle est moins chère que la couverture artificielle (CF ANNEXE 6 et ANNEXE 7).

Pour le deuxième dispositif, le substrat utilisé n'affecte pas les résultats contrairement au type de bouture utilisé qui montre que le bouturage de tiges primaires bénéficie d'un bon taux de reprise et d'enracinement que le bouturage de rameau. La combinaison de ces facteurs avec le facteur morphotype fait ressortir les mêmes résultats.

La deuxième hypothèse qui dit que le bouturage du *Tsiperifery* dépend de l'itinéraire technique est partiellement confirmée.

4.1.4. Protocole de multiplication du Tsiperifery à Beforona

Suite aux différentes expérimentations réalisées à Beforona, le morphotype 3 de Beforona et le morphotype 2 de Sandrangato sont plus adaptés au bouturage. L'effet terroir joue sur la réussite de l'enracinement des boutures. La couverture naturelle et la couverture artificielle sont toutes deux performantes. Cependant, étant donné le coût d'installation de la couverture naturelle moins élevé, son utilisation est préconisée. Le matériau de la couverture naturelle doit être changé en matériau facilement

manipulable comme les feuilles de palmiers. Les stolons encore rampants ont les meilleurs enracinements. Ceux-ci toutefois ne doivent pas être trop tendres. Le substrat composé de terre noire, de sable et de fumier est préférable car les propriétés de la terre noire peuvent changer selon le site de prélèvement.

4.2. Recommandations

La présente étude n'est que le commencement des recherches sur le bouturage du *Tsiperifery* en vue de sa domestication. De nombreuses lacunes ont été détectées lors des travaux expérimentations. Les recommandations proposées se portent sur l'amélioration du protocole de recherche sur la multiplication du *Tsiperifery* à Madagascar. Ce protocole sera ensuite appliqué dans le cadre de la domestication du *Tsiperifery*.

Objectif 1 : Améliorer le protocole de recherches sur la multiplication du *Tsiperifery* à Madagascar

Les premiers travaux ont démontré que le bouturage du *Tsiperifery* n'est pas impossible. Cependant, les résultats ne sont pas satisfaisants. De nombreux points sont à revoir pour développer la multiplication du *Tsiperifery*.

Les activités y afférents sont :

- Déterminer la période favorable de collecte et de mise en pot des boutures

Cette activité vise à savoir si la période de collecte et de mise en pot adéquat est la période pluvieuse ou la période sèche. Des collectes sont à effectuer à des périodes différentes.

- Donner les caractéristiques des boutures adéquates

Un défaut des travaux d'expérimentation est le fait d'avoir mélangé les types de boutures dans le dispositif 1. Bien que le dispositif 2 ait rattrapé l'erreur, les données sont encore manquantes. Il convient de préciser sur quelle portion de la plante, que ce soit les stolons ou les rameaux, le bouturage est meilleur. La position de la bouture prélevée est également utile (basale, médiale, apicale) (DIATTA *et al.*, 2007) ainsi que le diamètre des boutures. La présence ou non de feuilles sur les boutures affecte l'enracinement de ces dernières (RAMAMONJISOA (1995), MAPONGMETSEM et *al.* (2012)).Ce paramètre doit être aussi considéré

- Essayer l'utilisation de mycorhizes pour l'opération de bouturage.

Des essais de bouturage de poivrier noir ont pris en compte l'inoculation de mycorhizes. Dans le cas du *Tsiperifery*, utiliser la terre aux alentours du pied du *Tsiperifery* comme substrat peut suffire à l'injection de mycorhizes.

- Réaliser les expérimentations dans de nombreux sites.

Le *Tsiperifery* a une niche écologique large. La multiplication ne concerne pas uniquement Beforona, Sandrangato et Mandraka. Une lacune aux premiers essais réalisés est la non considération des sites Sandrangato et Mandraka comme sites de bouturage mais uniquement comme sites de collecte. Chaque lieu de collecte de bouture devrait être également un lieu de bouturage afin de déterminer l'effet du terroir sur les résultats obtenus. Cette opération permettrait d'obtenir les plages de températures et d'intensité lumineuse favorables pour le bouturage du *Tsiperifery*.

Objectif 2 : Diffuser les variétés intéressantes dans plusieurs sites

Les activités en rapport avec cet objectif sont :

- Définir les critères de sélection des morphotypes

Avant toute sélection, il est primordial d'établir des critères de sélection. Pour le cas du *Tsiperifery*, ces critères varient. En tant qu'épice, les critères de sélection des morphotypes du Tsiperifery peuvent être la qualité organoleptique et la productivité. En tant que plante menacée, les critères à prendre en compte sont : la capacité de multiplication et d'adaptation, la capacité des boutures à cramponner sur tuteur.

- Etablir des collections pour les morphotypes d'intérêt dans plusieurs sites

Une fois les critères définis, les morphotypes répondant à ces derniers sont déterminés. Ces morphotypes d'intérêt seront diffusés dans les zones abritant des pieds de *Tsiperifery*. Des formations sur le bouturage du *Tsiperifery* en pépinière et le suivi du développement des plants seront effectuées auprès des paysans, de la population locale ou des partenaires économiques.

Tableau 10: Cadre logique d'intervention

OBJECTIF 1 : AMELIORER LE PROTOCOLE DE MULTIPLICATION DU *TSIPERIFERY*					
ACTIVITES	**SOUS ACTIVITE**	**ECHEANCE**	**RESPONSABLES**	**IOV**	**SOURCE DE VERIFICATION**
Déterminer la période favorable de collecte et de mise en pot des boutures	Collecter et planter les boutures au début de la saison de pluies et de la saison sèche	MT	Chercheurs, technicien	Taux d'enracinement des boutures en un mois	Cahier de suivi des boutures
	Collecter et planter les boutures au milieu de la saison de pluie et de la saison sèche				
Donner les caractéristiques des boutures adéquates	Considérer les différentes parties de la plante : liane rampante, liane grimpante, rameaux plagiotropes	MT	Chercheurs, techniciens	Taux d'enracinement des boutures pour chaque catégorie	Cahier de suivi des boutures
	Classer les boutures selon le degré de lignification				
	Prendre en compte les classes de diamètres des boutures				
	Catégoriser les boutures selon le nombre de feuilles laissées				

Essayer l'utilisation de mycorhizes pour l'opération de bouturage	Prélever la terre directement sous le pied-mère de Tsiperifery. Utiliser la terre prélevée comme substrat pour les boutures de Tsiperifery	MT	Chercheurs, technicien	Taux d'enracinement des boutures	Cahier de suivi des boutures.
Réaliser les expérimentations dans de nombreux sites	Collecter les boutures dans des sites différents Mettre en place des pépinières de bouturage dans chaque lieu de collecte de bouture Mettre en pot les boutures de chaque provenance dans toutes les pépinières Utiliser la terre prélevée comme substrat pour les boutures de Tsiperifery.	MT, LT	Chercheurs, techniciens, population locale	Taux d'enracinement des boutures Température sous couverture Intensité lumineuse sous couverture Humidité de l'air sous couverture	Cahier de suivi des boutures Cahier de suivi de la température Cahier de suivi de l'intensité lumineuse Cahier de suivi de l'humidité de l'air
OBJECTIF 2 : DIFFUSER LES VARIETES INTERESSANTES DE *TSIPERIFERY* DANS PLUSIEURS SITES					
Sélectionner les morphotypes de *Tsiperifery*	Etablir des critères de sélection des morphotypes	MT, LT	Chercheurs, opérateurs économiques	Taux de pipérine des fruits Calibre des fruits	Rapports d'activités d'exportation Travaux de recherches sur la chimie du *Tsiperifery*

	Déterminer les morphotypes d'intérêts selon les critères fixés			Taux d'enracinement des boutures Taux de cramponnage des plants	Rapports de suivi des boutures en pépinière Rapport d'inventaire des plants de *Tsiperifery* en forêts
Etablir des collections de morphotypes d'intérêt dans plusieurs sites	Diffuser les morphotypes d'intérêt	MT, LT	Chercheurs, ingénieurs, techniciens, ONG,	Nombre de personnes formées Taux d'enracinement des boutures	Rapport de formation Listes des participants aux formations Rapport de suivi des pépinières
	Réaliser des formations de bouturage du *Tsiperifery* en pépinière				
	Faire des suivis périodiques des pépinières mises en place				

5. CONCLUSION

Le *Tsiperifery* est une espèce qui n'est pas à l'abri des menaces naturelles et anthropiques. De plus, les connaissances actuelles sur la plante sont encore peu nombreuses. Ces lacunes constituent un obstacle qui freine la conservation et la valorisation du *Tsiperifery*. En égard des menaces et de l'importance économique qui pèsent sur le *Tsiperifery*, la domestication de la plante s'avère importante. La multiplication végétative, du *Tsiperifery*, notamment le bouturage, constitue un pas vers sa domestication. Les essais de multiplication du *Tsiperifery* sont à ses débuts. L'objectif fixé dans ces premiers travaux est de déterminer les paramètres qui conditionnent le bouturage du *Tsiperifery*.

Deux hypothèses ont été émises lors de l'expérimentation. La première concerne le morphotype et la provenance des boutures. Elle a été confirmée par les résultats et les tests statistiques. Les morphotypes connus de *Tsiperifery* n'ont pas le même enracinement au bouturage. Associé à la provenance des boutures, des écarts se présentent entre un morphotype appartenant à trois provenances. D'autres facteurs non étudiés peuvent expliquer l'effet du terroir sur le bouturage. La deuxième hypothèse parle de l'itinéraire technique du *Tsiperifery* et elle est partiellement vérifiée. Outre le type de boutures utilisés, le type de couverture et le type de substrat employés lors de l'expérimentation n'ont pas montré de démarcation nette. Les boutures provenant de stolons sont plus susceptibles à la reprise et à l'enracinement que celles provenant de rameaux. Les résultats obtenus pour cet essai de bouturage se rapprochent presque de ceux poivre noir (*Piper nigrum*). La comparaison avec d'autres espèces se multipliant également par bouturage fait sortir des résultats similaires avec le bouturage du *Tsiperifery*.

Néanmoins, les résultats manquent de précision. Les recommandations suggèrent en général une amélioration du protocole de multiplication du *Tsiperifery* suivie des étapes de sélection et d'établissement de collection en pépinière de la plante.

Même si le bouturage et l'élevage en pépinière du *Tsiperifery* se trouvent possibles, la domestication n'est pas pour autant à son terme. En effet, ce n'est que le début, voire une étape avant le début. La domestication prend du temps. Des études sur l'introduction des plants sevrés en forêt doivent encore être entreprises. Par la suite, la qualité des fruits qui en ressortent n'est pas encore garantie excellente. Et sans une surveillance constante de la ressource, celle-ci pourrait disparaître avant l'échéance même.

La multiplication végétative du *Tsiperifery* n'est qu'à son commencement. Mais au vue de la situation actuelle du *Tsiperifery*, il convient de se tourner également vers d'autres méthodes de propagation plus rapides et plus performantes. Les études sur la germination doivent être réalisées afin de mettre en place une collection de graines de l'espèce. Les études sur la culture de tissus constituent aussi une alternative, bien que coûteuse, étant donné que le poivrier domestique a déjà fait objet de culture in vitro

6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Agence béninoise pour le développement (1998), *Guide pratique d'implantation de pépinières vilageoises au Bénin*, Ministère de l'environnement, de l'habitat et de l'urbanisme, 350p.
2. Agrisud (2008), *Mémento technique et économique du maraîchage à Kimwenza (Kinshasa) : Pratiques agricoles et Fiches cultures*, Programme d'Appui au Développement Agricole Périurbain de Kinshasa – PADAP.
3. Annandaraj M., Sarma Y R (1994), "Effect of vesicular arbuscular myccorhiza on rooting of black pepper (*Piper nigrum* L)", *Journal of Spices and Aromatic*, 3:39-42.
4. Aritsara A. N. A. (2015), *Prospection sylvicole et étude technologique de quelques essences autochtones an vue d'une restauration écologique. Cas de la station forestière de la Mandraka, Région Analamanga*, Mémoire de fin d'études d'obtention Ingéniorat Master 2 Foresterie et Environnement, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo.
5. Assogbadjo A.E., Loo J. (2011), *Conservation et utilisation durable des ressources génétiques des espèces ligneuses alimentaires prioritaires de l'Afrique subsaharienne*, Biodiversity International, 12p.
6. Bénard A.G., Andrianoelisoa H., Razafimandimby H., Aubert S., Danflous J.P. (2014), *Synthèse bibliographique sur la filière poivre sauvage à Madagascar*, CIRAD, FOFIFA, DP, 35p.
7. Binet P., Brunel J.P. (1969), *Biologie végétale : physiologie végétale III*, Doin.
8. Calvet C. (1966), *Manuel d'Arboriculture fruitière*, J.B Baillière et fils.
9. Chaperon P., Danloux, J & Ferry L. (1993), *Fleuves et rivières de Madagascar*, ORSTOM, DMH, CNRE, Paris, 883p.
10. Cirad, Gret, Ministère des affaires étrangères (2002), *Mémento de l'agronome*,
11. Danthu P., Ramaroson N., Rambeloarisoa G. (2008), "Seasonal dependence of rooting success in cuttings from natural forest trees in Madagascar", *Agroforestry Systems*.
12. Danthu P., Soloviev P., Gaye A., Sarr A., Seck M., Thomas I. (2002), "Vegetative propagation of sorne West African Ficus species by cuttings", *Agroforestry Systems*, 55: 57-63.
13. Diatta S., Houmey V. K., Akpo L. E., Kabore-Zoungrana C. Y., Banoin M. (2007), " Possibilités de bouturage chez *Maerua crassifolia* Forssk., Capparaceae, un ligneux fourrager Sahélien", *Afrique Science*, 3 : 271-283.
14. Direction générale de la météorologie (2015), *Données température et pluviométrie 2005-2014, Station Ambohitsilaozana Ambatondrazaka*.
15. .Direction générale de la météorologie (2015), *Données température et pluviométrie 2005-2014, Station Fianarantsoa*.
16. Hauert P. (2012), *L'importance des engrais*, Biorga Geistlich, 100p.

17. Houehounha R., Avohou H. T., Sinsin B., Tandjiekpon A. M. (2009), « Approches de régénération artificielle de *Daniellia oliveri* (Rolfe) Hutchison et Dalziel », *International journal of biological and chemical sciences*, 3 :7-19.
18. Kerakala Agricultural University (2013), *Package of practices - Black pepper*, 17p.
19. Khouni I. (2014), *Biologie et Physiologie Végétales : La multiplication végétative chez les Angiospermes*, Université Virtuelle de Tunis .12p.
20. Laribi B., Touil R, Kouki K., Bettaieb T. (2013), « Multiplication par bouturage d'un écotype Tunisien d'Eglantier (*Rosa canina* L.) », *Nature & Technologie*, 9 :55-59.
21. Levesque A. (2012), *Etude de différents schémas de vie mis en œuvre sur le Tsiperifery - poivre sauvage malgache : Observation et description des étapes post-récoltes d'un produit à haute valeur ajoutée*, CIRAD, SupAGRO, Région Réunion, Union Européenne, 98p.
22. Mapongmetsem P. M., Djoumessi Mc., Yemele M. T., Fawa G., Doumara D. G., Noubissie J-B. T., Tientcheu A., Bellefontaine M. L., Bellefontaine R. (2012), « Domestication de *Vitex doniana* Sweet. (Verbenaceae): influence du type de substrat, de la stimulation hormonale, de la surface foliaire et de la position du nœud sur l'enracinement des boutures uninodales », *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 106 : 23-45.
23. Martin B. (1977), « Le bouturage des arbres forestiers : progrès récents - perspectives de développement », *Revue forestière française*, XXIX-4 : 245-262.
24. Nachar N. (2008), "The Mann ‐ Whitney U: A Test for Assessing Whether Two Independent Samples Come from the Same Distribution", *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology*, 4: 13-20.
25. Nambena J. (2004), *Analyse de la subsistance paysanne dans un système de production en crise et identification participative de stratégies durables d'adaptation : cas de Beforona, versant oriental de Madagascar*, INAUGURAL-DISSERTATION zur Erlangung der Doktorwürde der Naturwissenschaftlich-Mathematischen Gesamtfakultät der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg,
26. Niyokindi A. (1984), *Contribution à l'étude du Cedrela sinensis à Madagascar : station Mandraka et Sandrangato*, Mémoire de fin d'études, Ecole d'Enseignement Supérieur d'Agronomie, Département Eaux et Forêts, Antananarivo.
27. ONE, MEF, CI, FTM, MNP (2013), *Evolution de la couverture des forêts naturelles à Madagascar, 2005, 2010*, 48p.
28. Rajoelison L.G., Randriamboavonjy J-C., Razafindramanga M. RF., Rakoto Ratsimba H. (2007), *Aménagement participatif d'un bassin versant à Mandraka*, ESAPP-ESSA forêts, 67p.
29. Rakotonanahary T.C. (2008), *Etude des relations entre la pluie, le sol, le relief, la couverture végétale et l'érosion dans la région de Mandraka*, Mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, 108p.

30. Ramamonjisoa Ranaivoson L. (1995), *Eucalyptus robusta SM : potentialité et amélioration*, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département des Eaux et Forêts, avec l'appui de la coopération suisse au développement.
31. Ramaroson N. (2006), *Essais de propagation végétative de quelques essences ligneuses productrices d'huiles essentielles et de molécules à usage médicale*, Mémoire de fin d'études Ingéniorat, Ecoles Supérieure des Sciences Agronomiques, Département Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, 72p.
32. Razafimandimby H. (2011), *Etudes écologique et ethnobotanique de Tsiperifery (Piper sp) de la forêt de Tsiazompaniry pour une gestion durable, Mémoire de fin d'étude pour l'obtention de diplôme d'études approfondies*, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo, 71p.
33. Razafinjatovo V. L. C. (2003), *L'état de l'apiculture dans la région de Mandraka*, Mémoire de fin d'études du département Eaux et Forêts, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo, 107p.
34. Sanogo D., Badji M., Akpo L. E. (2008), « Possibilités de bouturage in situ de *Lawsonia inermis* L. (henné) », *Bois et Forêts des Tropiques*, 297 : 35-41.
35. Sérémé A., Millogo-Rasolodimby J., Guinko S., Nacro M. (2008), « Bouturage horticole du raisinier sauvage : *Lannea microcarpa* Engl. et K. Krause », *Journal des sciences*, 8 : 18-24.
36. Sharangi A. B., Kumar R., Sahu P. K. (2010), "Survivability of black pepper (*Piper nigrum* L.) cuttings from different portions of vine and growing media", *Journal of Crop and Weed*, 6:52-54.
37. Sivaraman K., Kandiannan K., Peter K.V., Thankamani C.K. (1999), "Agronomy of Black pepper (*Piper nigrum* L)", *Journal of Spices and Aromatic*, 8: 1-18.
38. Slack M.F., Favre J.M. (1990), « Possibilité actuelle de la multiplication végétative chez les Chênes », *Revue forestière française*, XLII-2 :220-226.
39. Tchoundjeu Z., Asaah E., Degrande A., Tsobeng A., Mpeck M.L., Eyebe A. (2008), *La domestication des arbres agroforestiers, module I: techniques de multiplication des arbres agroforestiers*, ICRAF-CARPE, 27p.
40. Thanuja T.V., Ramakrishna V.H., Sreenivasa M.N. (2002), "Induction of rooting and root growth in black pepper cuttings (*Piper nigrum* L) with the inoculation of arbuscular mycorrhizae", *Scientia Horticulturae*, 92:339-346.
41. Thun M., Thun M. (2015), *Calendrier des semis 2015, Biodynamique*, MABD.
42. Touati G. (2012), *Etat des lieux de la gestion du poivre sauvage de Madagascar : un produit forestier non ligneux exploité pour la commercialisation*, Mémoire de fin d'études, Ecole supérieure d'Agro-Développement International,
43. Verheij E. (2005), *Multiplier et planter des arbres*, Agrodok 19, 110p.

44. Vilain M. (1993), *La production végétale, volume I : Les composantes de la production*, JB Baillière, Agriculture d'aujourd'hui Sciences, techniques, applications.
45. www.tropicos.org, consulté le 20 décembre 2015

ANNEXES

ANNEXE 1 : ITINERAIRE TECHNIQUE BOUTURAGE *TSIPERIFERY*

1. Préparation substrat

- **Substrat mélange de terre**

La composition est de 1/3 en volume de terre noire, 1/3 en volume de sable et 1/3 en volume de fumier. Afin d'obtenir le même volume pour les trois composants, un récipient est utilisé comme doseur. Sur une surface plane, les trois composants sont versés successivement puis étalés à la main.

- **Substrat terre noire**

La terre est prélevée en bas-fond. La couche de couleur noire est collectée. Le substrat est épierré et émotté.

2. Rebouchage pots

Une fois les substrats préparés, les pots sont remplis. Le substrat à l'intérieur des pots doit être bien tassé pour qu'il ne puisse pas s'échapper et afin d'éviter les poches d'air.

3. Collecte boutures

Le matériel de collecte utilisé doit être bien aiguisé pour éviter de blesser les boutures. Les lianes et les rameaux prélevés doivent être sains et vigoureux. Une fois la collecte terminée, si la mise en pot n'a lieu que le lendemain de la récolte, les lianes et les rameaux sont mises au frais.

4. Préparation boutures

Le matériel de préparation des boutures doit être bien aiguisé également. Chaque bouture doit posséder 2 à 5 nœuds. Le nombre de nœuds varie en fonction de la taille des entrenœuds. La taille des boutures va de 10cm à 15cm. La partie supérieure de la bouture doit avoir une longueur plus élevée que la partie inférieure.

5. Mise en pot boutures

Avec le pot précédemment rebouché, ouvrir un trou au milieu en utilisant un matériel qui sert de plantoir. La bouture qui a été pralinée au collet à l'aide d'un mélange d'eau et de fumier est introduite dans le trou. Afin d'éviter les poches d'air, la terre autour de la bouture est bien tassée. Une fois les boutures mises en pot, les plants sont immédiatement arrosés.

6. Soins et entretiens

L'arrosage des jeunes plants s'effectuent deux fois par jour : le matin et vers la fin de l'après-midi afin de conserver l'humidité à l'intérieur des pots. Le sarclage est réalisé régulièrement, au moins tous les deux jours, à cause de l'humidité de l'air qui favorise la prolifération des mauvaises herbes.

Source : Travaux de terrain, 2015

ANNEXE 2 : ITINERAIRE TECHNIQUE BOUTURAGE POIVRIER NOIR EN PEPINIERE

1. Conditions de prélèvement et de stockage des lianes

Seules les lianes orthotropes (dont le développement est orienté vers le haut) doivent être prélevées pour faire des boutures. Le prélèvement des lianes doit se faire très tôt le matin et les boutures doivent être préparées le jour même. Eviter de stocker les lianes et limiter la quantité prélevée en fonction du nombre de personnes disponibles pour faire le bouturage. Dans le cas où le bouturage ne serait pas fait le jour même, il est possible de stocker les lianes à l'ombre, dans de l'eau pendant quarante-huit heures au maximum.

2. Préparation des plates-bandes de bouturage et mise en place des couvertures

Les plates-bandes de bouturage doivent être de texture sablo-limoneuse bien travaillées et ameublies. Pour protéger les boutures contre l'ensoleillement et les excès d'eau, les plates –bandes doivent être équipées d'une couverture de 1,5mètres de hauteur environ. Mettre des canaux de drainage de 20cm de profondeur et de 15cm de largeur.

3. Bouturage

   a. Préparatifs avant le bouturage

Bien aiguiser et désinfecter le couteau avant son utilisation. Utiliser une solution fongicide. Tremper les boutures dans la solution pour les protéger contre les maladies fongiques.

   b. Bouturage proprement dit

Débiter la liane en bouture, en réduisant la surface foliaire de moitié. Couper la liane juste en dessous d'un nœud.

   c. Caractéristiques d'une bouture :

- 5cm de longueur
- 2 yeux
- Surface foliaire réduite de moitié

On peut faire des boutures à 1, 2 ou 3 yeux. Le choix dépend surtout de la longueur de l'entrenœud.

   d. Repiquage des boutures racinées en pots plastiques

- Remplissage des pots plastiques

On utilise des pots plastiques de 15cm de largeur à plat et de 30 cm de hauteur à plat. Ces pots doivent être bien remplis et le substrat bien tassé.

- Préparation de l'emplacement des pots plastiques et mise en place des boutures

Placer les pots plastiques dans un endroit bien aménagé et ombragé. Mettre du sable sur le fond de l'emplacement pour permettre une bonne évacuation de l'eau.

- Epoque de repiquage

Après 3 ou 4 mois, on procède au repiquage. A ce stade, les plants possèdent 2 à 3 feuilles et leurs racines peuvent atteindre 6 à 10cm de long. Le prélèvement des boutures racinées doit se faire à l'aide d'un plantoir en faisant attention de ne pas casser les racines.

- Repiquage des boutures racinées dans les pots plastiques et arrosage après repiquage

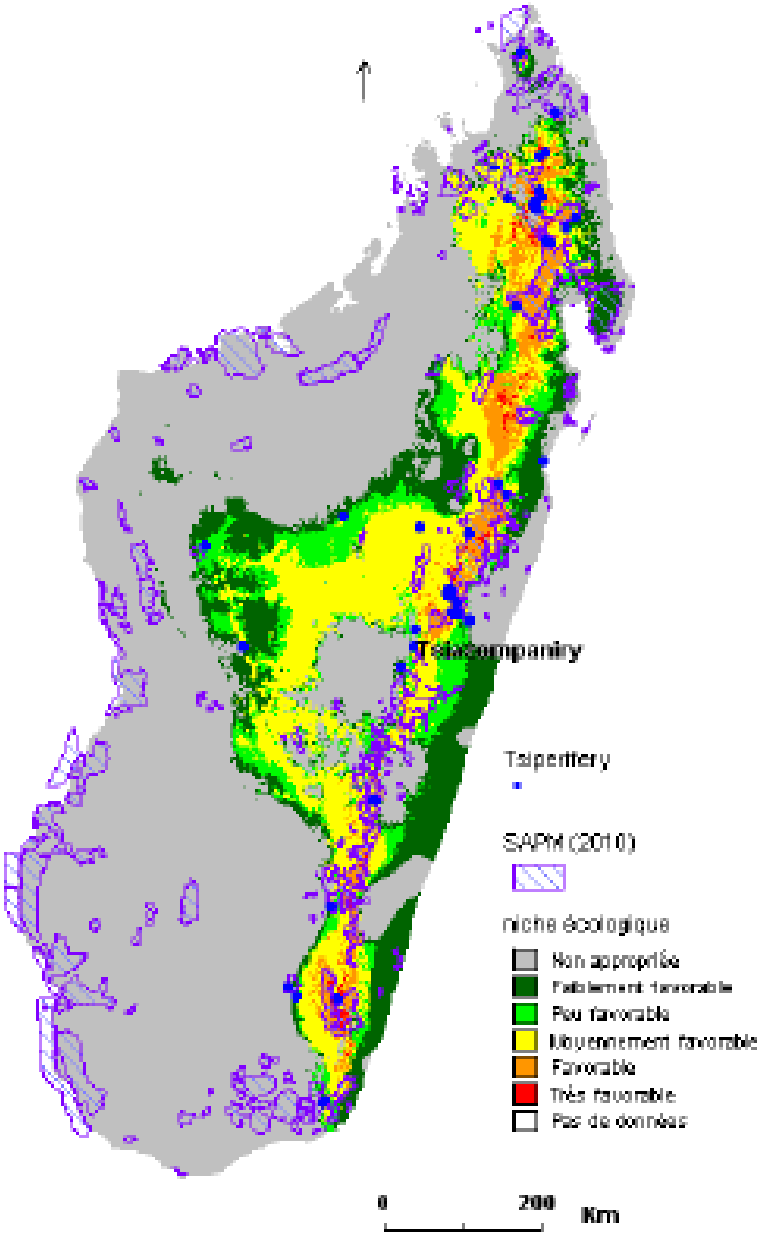
Le repiquage doit se faire avec un plantoir, les racines doivent être habillées avant le repiquage. Arroser immédiatement après le repiquage.

4. Entretiens

- Désherbage : il doit être effectué de façon à garder propre les jeunes plants en pots.
- Arrosage : il doit se faire deux fois par jour en évitant l'excès d'eau.

Source : Ministère des finances et de l'économie, Union Européenne, 2000

ANNEXE 3 : CARTE DISTRIBUTION ET NICHE ECOLOGIQUE *TSIPERIFERY*



Niche écologique du *Tsiperifery* et Système des Aires Protégées de Madagascar, 2010

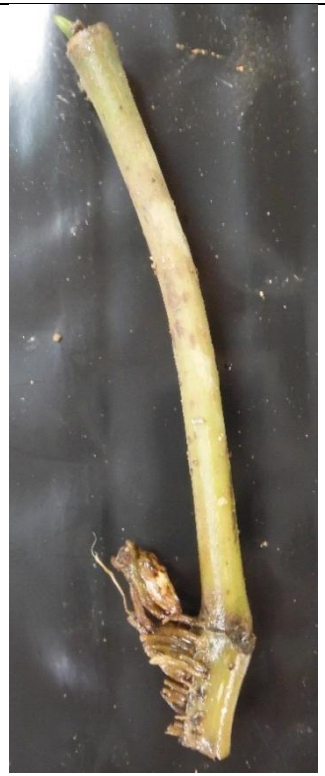
Source : RAZAFIMANDIMBY, 2011

ANNEXE 4 : DATE DE COLLECTE ET DE MISE EN POT DES BOUTURES

PROVENANCE	MORPHOTYPE	OMBRIERE	DATE COLLECTE BOUTURES	DATE MISE EN POT BOUTURES
BEFORONA	1	NATURELLE	29 JUILLET	30 JUILLET
BEFORONA	1	ARTIFICIELLE	29 JUILLET	30 JUILLET
BEFORONA	3	NATURELLE	29 JUILLET	30 JUILLET
BEFORONA	3	ARTIFICIELLE	29 JUILLET	30 JUILLET
BEFORONA	4	NATURELLE	29 JUILLET	30 JUILLET
BEFORONA	4	ARTIFICIELLE	29 JUILLET	30 JUILLET
SANDRANGATO	2	NATURELLE	19 AOUT	20 AOUT
SANDRANGATO	2	ARTIFICIELLE	19 AOUT	20 AOUT
SANDRANGATO	3	NATURELLE	19 AOUT	20 AOUT
SANDRANGATO	3	ARTIFICIELLE	19 AOUT	20 AOUT
BEFORONA	1	NATURELLE	20 AOUT	21 AOUT
BEFORONA	1	ARTIFICIELLE	20 AOUT	21 AOUT
BEFORONA	3	NATURELLE	8 SEPTEMBRE	8 SEPTEMBRE
BEFORONA	4	NATURELLE	9 SEPTEMBRE	10 SEPTEMBRE
BEFORONA	3	ARTIFICIELLE	9 SEPTEMBRE	10 SEPTEMBRE
BEFORONA	4	ARTIFICIELLE	9 SEPTEMBRE	10 SEPTEMBRE
BEFORONA	1	NATURELLE	5 OCTOBRE	5 OCTOBRE
BEFORONA	1	ARTIFICIELLE	5 OCTOBRE	6 OCTOBRE
BEFORONA	3	NATURELLE	12 OCTOBRE	13 OCTOBRE
BEFORONA	4	NATURELLE	5 OCTOBRE	6 OCTOBRE
BEFORONA	3	ARTIFICIELLE	12 OCTOBRE	14 OCTOBRE
BEFORONA	4	ARTIFICIELLE	5 OCTOBRE	6 OCTOBRE
SANDRANGATO	2	NATURELLE	21 OCTOBRE	22 OCTOBRE
MANDRAKA	3	NATURELLE	19 OCTOBRE	20 OCTOBRE
MANDRAKA	3	ARTIFICIELLE	19 OCTOBRE	20 OCTOBRE
SANDRANGATO	2	ARTIFICIELLE	21 OCTOBRE	22 OCTOBRE
SANDRANGATO	3	NATURELLE	21 OCTOBRE	22 OCTOBRE
SANDRANGATO	3	ARTIFICIELLE	21 OCTOBRE	22 OCTOBRE
BEFORONA	1	NATURELLE	9 NOVEMBRE	9 NOVEMBRE
BEFORONA	1	ARTIFICIELLE	9 NOVEMBRE	9 NOVEMBRE
BEFORONA	1	ARTIFICIELLE	6 NOVEMBRE	6 NOVEMBRE
MANDRAKA	3	NATURELLE	10 NOVEMBRE	11 NOVEMBRE
MANDRAKA	3	ARTIFICIELLE	10 NOVEMBRE	11 NOVEMBRE
MANDRAKA	3	NATURELLE	1 DECEMBRE	1 DECEMBRE
MANDRAKA	3	ARTIFICIELLE	1 DECEMBRE	1 DECEMBRE
BEFORONA	1	NATURELLE	16 DECEMBRE	17 DECEMBRE
BEFORONA	1	ARTIFICIELLE	16 DECEMBRE	17 DECEMBRE
BEFORONA	3	NATURELLE	16 DECEMBRE	17 DECEMBRE
BEFORONA	3	ARTIFICIELLE	16 DECEMBRE	17 DECEMBRE
BEFORONA	4	NATURELLE	16 DECEMBRE	17 DECEMBRE
BEFORONA	4	ARTIFICIELLE	16 DECEMBRE	17 DECEMBRE

Source : Travaux de terrain, 2015

ANNEXE 5 : PLANCHES PHOTOS

Bouture enracinée à bourgeon et bourgeon non enracinée à bourgeon	Bouture ayant développée un système racinaire et des feuilles	Bouture à racines crampons et à un bourgeon	Boutures mortes
			

Source : Auteur, 2016

Boutures sans système racinaire mais avec bourgeons	Bouture à développement du bourgeon et développement système racinaire	Boutures sans changement	Bouture déjà enracinée, présentant un développement du système racinaire

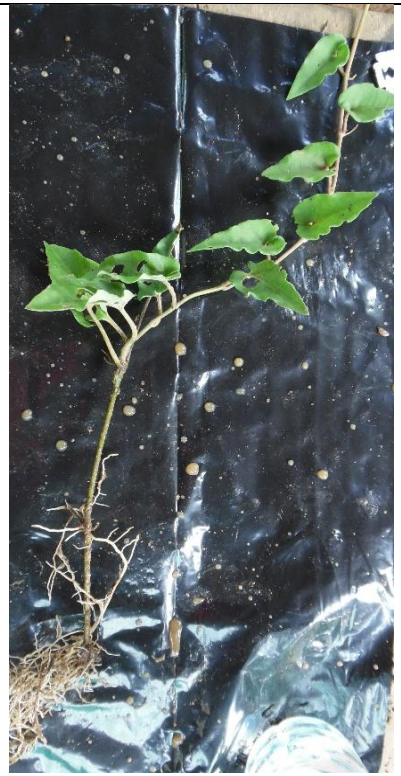
Source : Auteur, 2016

Bouture à début développement racine	Bouture à feuilles et racines développées	Etapes apparition bourgeon au niveau nœud sous terre	Bouture rameau avec apparition racine

Source : Auteur, 2016

Bouture morphotype 1 Beforona	Bouture morphotype 3 Beforona	Bouture morphotype 4 Beforona	Bouture morphotype 2 Sandrangato

Source : Auteur, 2016

Bouture morphotype 3 Sandrangato	**Bouture morphotype 3 Mandraka**
	

Source : Auteur, 2016

ANNEXE 6 : COUTS DE MISE EN PLACE DISPOSITIF A COUVERTURE NATURELLE

RUBRIQUE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE (en Ariary)	MONTANT TOTAL (en Ariary)
Bois rond (perche (3m))	6	4 000	24 000
Bois rond (traverse (2m))	5	4 000	20 000
Bambou (plate-bande (4m))	5	3 000	15 000
Bambou (division (12m))	1	3 000	3 000
Bambou (bordure (2m))	1	3 000	3 000
Cordes	5	300	1 500
Bambou (toit (2,5m))	8	100	800
Paquet feuilles séchées Ravinala	3	2 000	6 000
Clous	5	4 000	20 000
Main d'œuvre nettoiement et aménagement	5	2 500	12 500
Main d'œuvre installation et constrution dispositif	10	5 000	50 000
Fumier	1	10 000	10 000
Rouleau pots plastiques	1	10 000	10 000
Entretien couverture	1	2 000	2 000
COUT TOTAL			**165 300**

Source : Travaux de terrain, 2015

ANNEXE 7 : COUTS DE MISE EN PLACE DISPOSITIF A COUVERTURE ARTIFICIELLE

RUBRIQUE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE (en Ariary)	MONTANT TOTAL (en Ariary)
Bois rond (perche (3m))	6	4 000	24 000
Bois rond (traverse (2m))	5	4 000	20 000
Bambou (plate-bande (4m))	5	3 000	15 000
Bambou (division (12m))	1	3 000	3 000
Bambou (bordure (2m))	1	3 000	3 000
Rouleau fil en nylon	1	2 500	2 500
Bambou	8	100	800
Couverture artificielle	36	12 000	432 000
Clous	5	4 000	20 000
Main d'œuvre	12	5 000	60 000
Fumier	1	10 000	10 000
COUT TOTAL			**590 300**

Source : Travaux de terrain, 2015

ANNEXE 8 : TEST MANN WHITNEY TEMPERATURE

Parc 1 et parc 2

Heure de prélèvement : 8h

Test de Mann-Whitney / Test bilatéral :

U	11283,500
Espérance	11858,000
Variance (U)	610155,274
p-value (bilatérale)	0,462
alpha	0,05

La p-value exacte n'a pas pu être calculée. Une approximation a été utilisée pour calculer la p-value.

Interprétation du test :

H0 : La différence de position des échantillons n'est pas significativement différente de 0.

Ha : La différence de position des échantillons est significativement différente de 0.

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil alpha=0.05, on peut valider l'hypothèse nulle H0.

Heure de prélèvement : 12h

Test de Mann-Whitney / Test bilatéral :

U	11663,000
Espérance	11858,000
Variance (U)	610376,993
p-value (bilatérale)	0,803
alpha	0,05

La p-value exacte n'a pas pu être calculée. Une approximation a été utilisée pour calculer la p-value.

Interprétation du test :

H0 : La différence de position des échantillons n'est pas significativement différente de 0.

Ha : La différence de position des échantillons est significativement différente de 0.

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil alpha=0.05, on peut valider l'hypothèse nulle H0.

Heure de prélèvement : 16h

Test de Mann-Whitney / Test bilatéral :

U	10775,500
Espérance	11858,000
Variance (U)	609924,650
p-value (bilatérale)	0,166
alpha	0,05

La p-value exacte n'a pas pu être calculée. Une approximation a été utilisée pour calculer la p-value.

Interprétation du test :
H0 : La différence de position des échantillons n'est pas significativement différente de 0.
Ha : La différence de position des échantillons est significativement différente de 0.
Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil alpha=0.05, on peut valider l'hypothèse nulle H0.

Parc 3 et parc 4

Heure de prélèvement : 8h

Test de Mann-Whitney / Test bilatéral :

U	6829,000
Espérance	8450,000
Variance (U)	367131,921
p-value (bilatérale)	0,007
alpha	0,05

La p-value exacte n'a pas pu être calculée. Une approximation a été utilisée pour calculer la p-value.

Interprétation du test :
H0 : La différence de position des échantillons n'est pas significativement différente de 0.
Ha : La différence de position des échantillons est significativement différente de 0.
Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification alpha=0.05, on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha.

Heure de prélèvement : 12h

Test de Mann-Whitney / Test bilatéral :

U	7507,500
Espérance	8450,000
Variance (U)	367399,450
p-value (bilatérale)	0,120
alpha	0,05

La p-value exacte n'a pas pu être calculée. Une approximation a été utilisée pour calculer la p-value.

Interprétation du test :
H0 : La différence de position des échantillons n'est pas significativement différente de 0.
Ha : La différence de position des échantillons est significativement différente de 0.
Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil alpha=0.05, on peut valider l'hypothèse nulle H0.

Heure de prélèvement : 16h

Test de Mann-Whitney / Test bilatéral :

U	8232,000

Espérance	8450,000
Variance (U)	367274,093
p-value (bilatérale)	0,720
alpha	0,05

La p-value exacte n'a pas pu être calculée. Une approximation a été utilisée pour calculer la p-value.

Interprétation du test :

H0 : La différence de position des échantillons n'est pas significativement différente de 0.

Ha : La différence de position des échantillons est significativement différente de 0.

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil alpha=0.05, on peut valider l'hypothèse nulle H0.

ANNEXE 9: TEST MANN WHITNEY INTENSITE LUMINEUSE

Parc 1 et parc 2

Heure de prélèvement : 8h

Test de Mann-Whitney / Test bilatéral :

U	4445,000
Espérance	2312,000
Variance (U)	52789,533
p-value (bilatérale)	< 0.0001
alpha	0,05

La p-value exacte n'a pas pu être calculée. Une approximation a été utilisée pour calculer la p-value.

Interprétation du test :

H0 : La différence de position des échantillons n'est pas significativement différente de 0.

Ha : La différence de position des échantillons est significativement différente de 0.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification alpha=0.05, on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha.

Heure de prélèvement : 12h

Test de Mann-Whitney / Test bilatéral :

U	4243,000
Espérance	2244,500
Variance (U)	50500,872
p-value (bilatérale)	< 0.0001
alpha	0,05

La p-value exacte n'a pas pu être calculée. Une approximation a été utilisée pour calculer la p-value.

Interprétation du test :

H0 : La différence de position des échantillons n'est pas significativement différente de 0.

Ha : La différence de position des échantillons est significativement différente de 0.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification alpha=0.05, on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha.

Heure de prélèvement : 16h

Test de Mann-Whitney / Test bilatéral :

U	3809,000
Espérance	1922,000
Variance (U)	40038,894
p-value (bilatérale)	< 0.0001
alpha	0,05

La p-value exacte n'a pas pu être calculée. Une approximation a été utilisée pour calculer la p-value.

Interprétation du test :

H0 : La différence de position des échantillons n'est pas significativement différente de 0.

Ha : La différence de position des échantillons est significativement différente de 0.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification alpha=0.05, on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha.

Parc 3 et parc 4

Heure de prélèvement : 8h

Test de Mann-Whitney / Test bilatéral :

U	201,000
Espérance	2312,000
Variance (U)	52789,533
p-value (bilatérale)	< 0.0001
alpha	0,05

La p-value exacte n'a pas pu être calculée. Une approximation a été utilisée pour calculer la p-value.

Interprétation du test :

H0 : La différence de position des échantillons n'est pas significativement différente de 0.

Ha : La différence de position des échantillons est significativement différente de 0.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification alpha=0.05, on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha.

Heure de prélèvement : 12h

Test de Mann-Whitney / Test bilatéral :

U	247,000
Espérance	2244,500
Variance (U)	50500,494
p-value (bilatérale)	< 0.0001
alpha	0,05

La p-value exacte n'a pas pu être calculée. Une approximation a été utilisée pour calculer la p-value.

Interprétation du test :

H0 : La différence de position des échantillons n'est pas significativement différente de 0.

Ha : La différence de position des échantillons est significativement différente de 0.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification alpha=0.05, on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha.

Heure de prélèvement : 16h

Test de Mann-Whitney / Test bilatéral :

U	214,500
Espérance	1922,000
Variance (U)	40040,407
p-value (bilatérale)	< 0.0001
alpha	0,05

La p-value exacte n'a pas pu être calculée. Une approximation a été utilisée pour calculer la p-value.

Interprétation du test :

H0 : La différence de position des échantillons n'est pas significativement différente de 0.

Ha : La différence de position des échantillons est significativement différente de 0.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification alpha=0.05, on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha.

ANNEXE 10 : ANOVA

Facteurs « morphotype-provenance »

Taux de reprise selon les facteurs "morphotype-provenance"

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	5	9242.971	1848.594	9.864	**< 0.0001**
Erreur	41	7683.551	187.404		
Total corrigé	46	16926.522			

Taux d'enracinement selon les facteurs "morphotype-provenance"

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	5	12146.991	2429.398	20.151	**< 0.0001**
Erreur	41	4942.850	120.557		
Total corrigé	46	17089.840			

Test Tukey

Taux de reprise selon les facteurs "morphotype-provenance"

Modalité	Moyenne estimée	Groupes		
BFN et M-3	61.421	A		
SDG et M-2	44.482	A	B	
BFN et M-4	35.031		B	C
MDK et M-3	34.266		B	C
SDG et M-3	32.032		B	C
BFN et M-1	15.314			C

Taux d'enracinement selon les facteurs "morphotype-provenance"

Modalité	Moyenne estimée	Groupes		
BFN et M-3	71.354	A		
SDG et M-2	49.792		B	
MDK et M-3	39.142		B	
SDG et M-3	36.429		B	C
BFN et M-4	35.729		B	C
BFN et M-1	19.167			C

Facteur « couverture »

Taux de reprise selon le facteur "couverture"

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	1	733.407	733.407	2.038	**0.160**
Erreur	45	16193.114	359.847		
Total corrigé	46	16926.522			

Taux d'enracinement selon le facteur "couverture"

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	1	347.086	347.086	0.933	**0.339**
Erreur	45	16742.754	372.061		
Total corrigé	46	17089.840			

Facteurs « type de bouture-morphotype »

Taux de reprise selon les facteurs "type de bouture-morphotype"

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	5	7421.582	1484.316	541.521	**< 0.0001**
Erreur	6	16.446	2.741		
Total corrigé	11	7438.028			

Taux d'enracinement selon les facteurs "type de bouture-morphotype"

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	5	9201.852	1840.370	21.488	**0.001**
Erreur	6	513.889	85.648		
Total corrigé	11	9715.741			

Test Tukey

Taux de reprise selon les facteurs "type de bouture-morphotype"

Modalité	Moyenne estimée	Groupes			
M 3 et L	66.970	A			
M 1 et L	38.825		B		
M 4 et L	13.333			C	
M 3 et RA	2.500				D
M 4 et RA	0.000				D
M1 et RA	0.000				D

Taux d'enracinement selon les facteurs "type de bouture-morphotype"

Modalité	Moyenne estimée	Groupes		
M-3et L	78.333	A		
M-4et L	45.000	A	B	
M-1et L	19.167		B	C
M-3et RA	15.833		B	C
M-1et RA	0.000			C
M-4et RA	0.000			C

Facteurs « substrat-morphotype »

Taux de reprise selon les facteurs "substrat-morphotype"

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	5	1588.799	317.760	0.326	**0.880**
Erreur	6	5849.229	974.871		
Total corrigé	11	7438.028			

Taux d'enracinement selon les facteurs "substrat-morphotype"

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	5	3315.741	663.148	0.622	**0.691**
Erreur	6	6400.000	1066.667		
Total corrigé	11	9715.741			

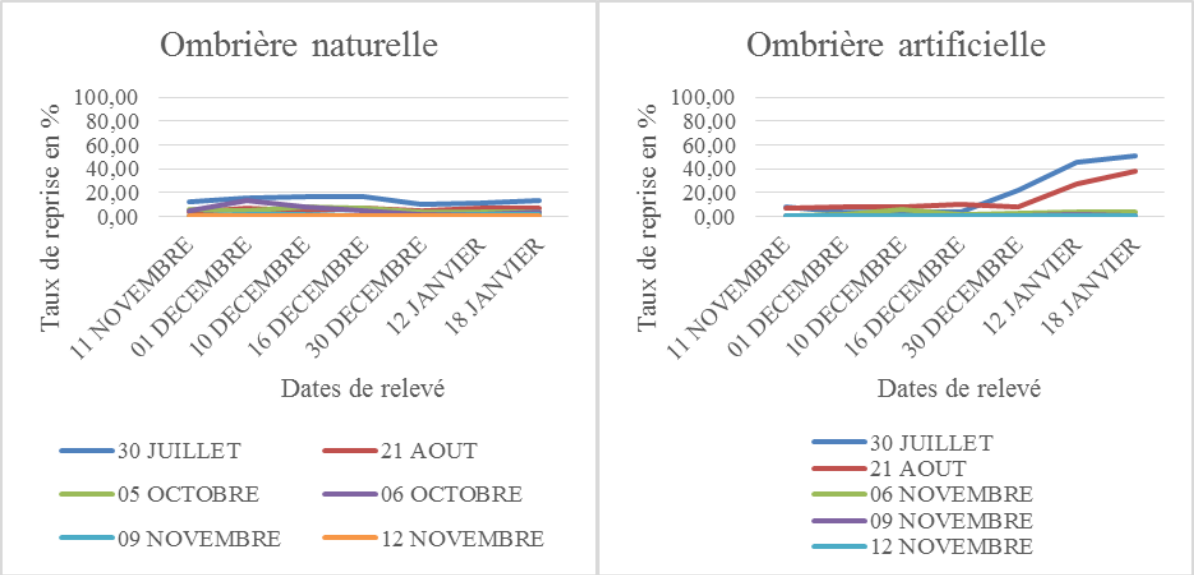
Source : XLSTAT08

ANNEXE 11 : EVOLUTION TAUX DE REPRISE DES BOUTURES

Les performances des deux couvertures sont aussi déterminées à partir de l'évolution des boutures sous chaque type étant donné que les résultats ci-dessus sont presque similaires pour les deux types. Seul le taux de reprise est considéré car il a pu être collecté à chque descente contrairement au taux d'enracinement qui n'a pu être pris qu'une seule fois durant les expérimentations.

Boutures en provenance de Beforona

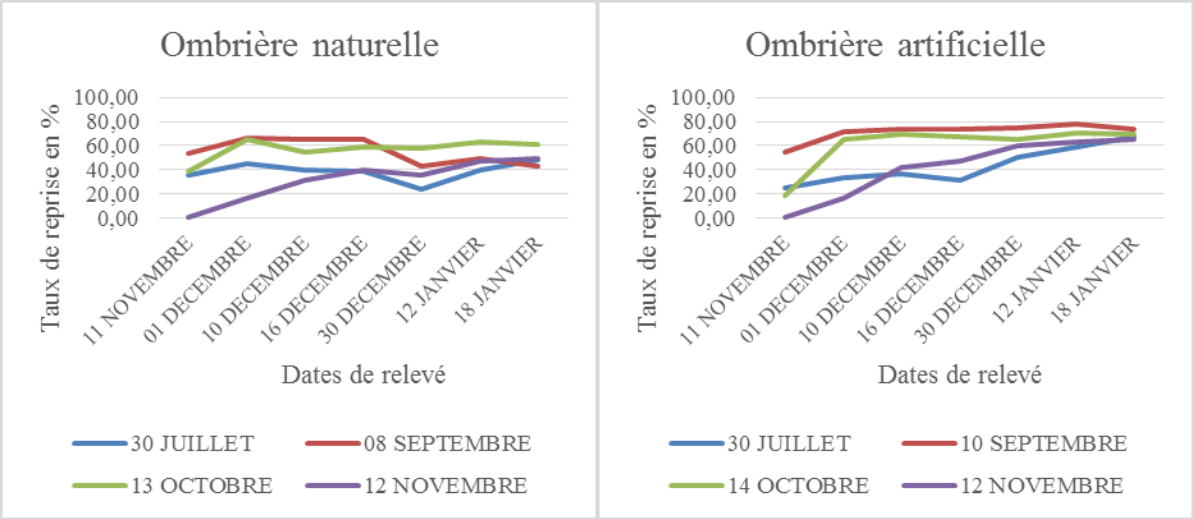
Morphotype 1



Evolution taux de reprise des boutures de morphotype 1 en provenance Beforona

Sous les deux types d'couverture, la reprise des boutures ayant le morphotype M1 est très modeste. Après une durée de 172 jours (cas boutures plantées le 30 juillet 2015), le taux de reprise maximal (50,85%) est enregistré pour les boutures sous couverture artificielle. La reprise n'est pas rapide. En effet, après 68 jours (12 novembre 2016) de mise en pot, aucune marque de reprise des boutures n'est notée aussi bien sous couverture naturelle que sous couverture artificielle. Sous couverture naturelle, la reprise est au-dessous de 20% même pour les boutures plantées le 30 juillet 2016.

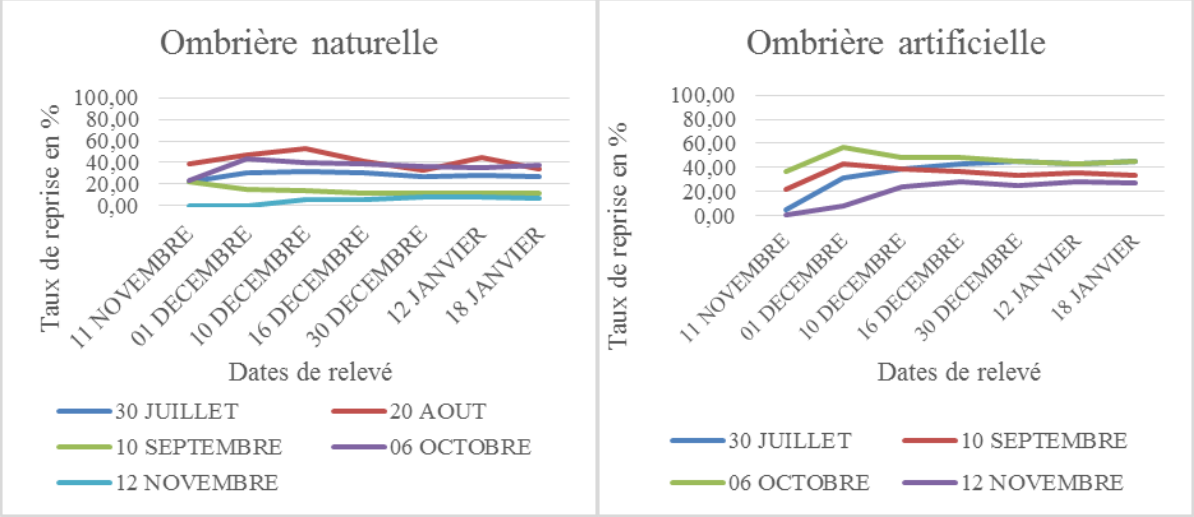
Morphotype 3



Evolution taux de reprise des boutures de morphotype 3 en provenance de Beforona

Le taux de reprise maximal des boutures est noté pour l'couverture artificielle (77,97%) pour les boutures plantées le 10 septembre 2016, soit 124 jours après mise en pot, étant donné que le taux maximal est enregistré le 12 janvier 2016. Pour les couvertures naturelle et artificielles, particulièrement les boutures du 12 novembre, le taux est le même, soit 16,67% après 19 jours de repiquage. Ce qui est satisfaisant par rapport aux boutures ayant comme morphotype M1. Le taux de reprise enregistré au début des collectes de données est meilleur pour le dispositif à couverture naturelle (35%) que celui à couverture artificielle (25%) L'allure des courbes de l'évolution du taux de reprise sous couverture artificielle dénote une certaine progression. Quant à celle des courbes pour l'couverture naturelle, une baisse soudaine est constatée pour les boutures plantées le 30 juillet 2015 et le 8 septembre 2015. La performance de l'couverture artificielle est une fois de plus démontrée du fait de la progression nette du taux de reprise et d'un taux de reprise assez satisfaisant.

Morphotype 4

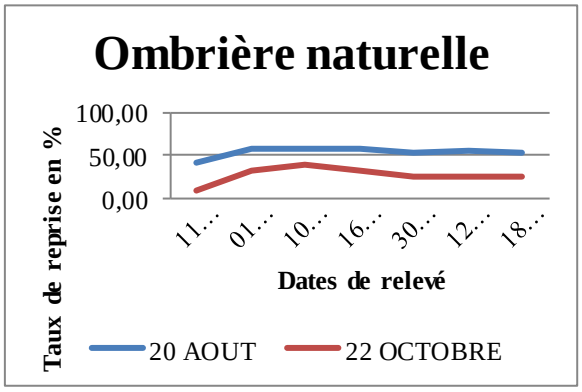


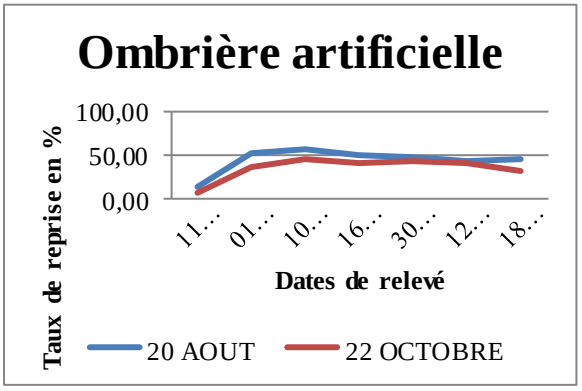
Evolution taux de reprise des boutures de morphotype 4 en provenance de Beforona

Le taux de reprise maximal est noté pour le dispositif à couverture artificielle avec 56,67% après 56jours de mise en pot, la date étant le 06 octobre. Comparé à l'évolution des boutures d'autres morphotypes, ce taux est assez bon. Toutefois, une certaine décroissance est constatée par la suite, faisant descendre le taux jusqu'à 45,41%. Cette baisse est remarquée également chez les boutures plantées le 10 septembre pour le dispositif à couverture artificielle. Comme les courbes précédentes, le premier taux de reprise noté pour l'couverture naturelle est supérieur (22,03%) à l'couverture artificielle (5%). L'évolution est quand même lente à en juger la valeur finale du taux de reprise des boutures plantées le 30 juillet, soit 172 jours après mise en pot. Cette valeur est de 27,12% pour le dispositif à couverture naturelle et elle est de 44,83% pour celui à couverture artificielle.

Boutures en provenance de Sandrangato

Morphotype 2

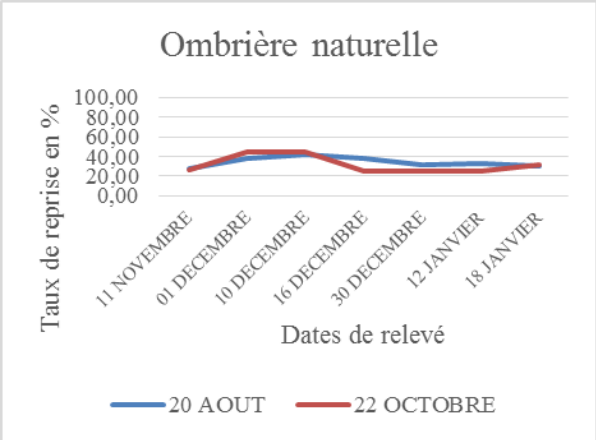


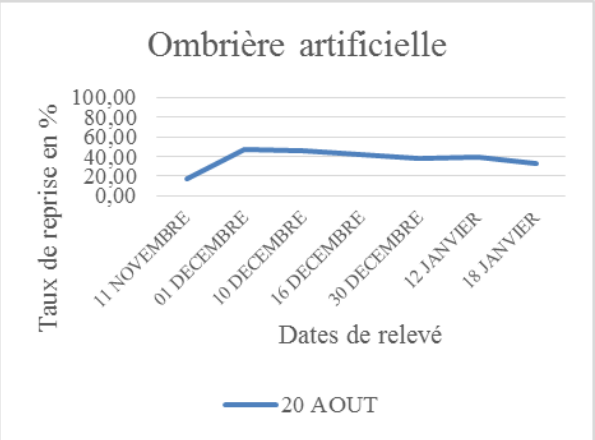


Evolution taux de reprise des boutures de morphotype 2 en provenance de Sandrangato

Au début de relevés, le taux de reprise calculé est meilleur pour les boutures plantées sous couverture naturelle (41,1% et 10,17%) par rapport aux boutures sous couverture artificielle (13,33% et 7,83%). Le taux maximal est enregistré pour le dispositif à couverture naturelle, soit 57,78% après 117 jours de bouturage. Ce taux est assez bas. L'allure générale des deux courbes pour les deux types d'couverture montre une légère baisse du taux de reprise. En comparant les deux graphes, l'couverture naturelle montre une certaine performance par rapport à l'couverture artificielle. Le décroissement de la courbe sous couverture artificielle est dû à l'attaque d'insectes sur les jeunes plants.

Morphotype 3



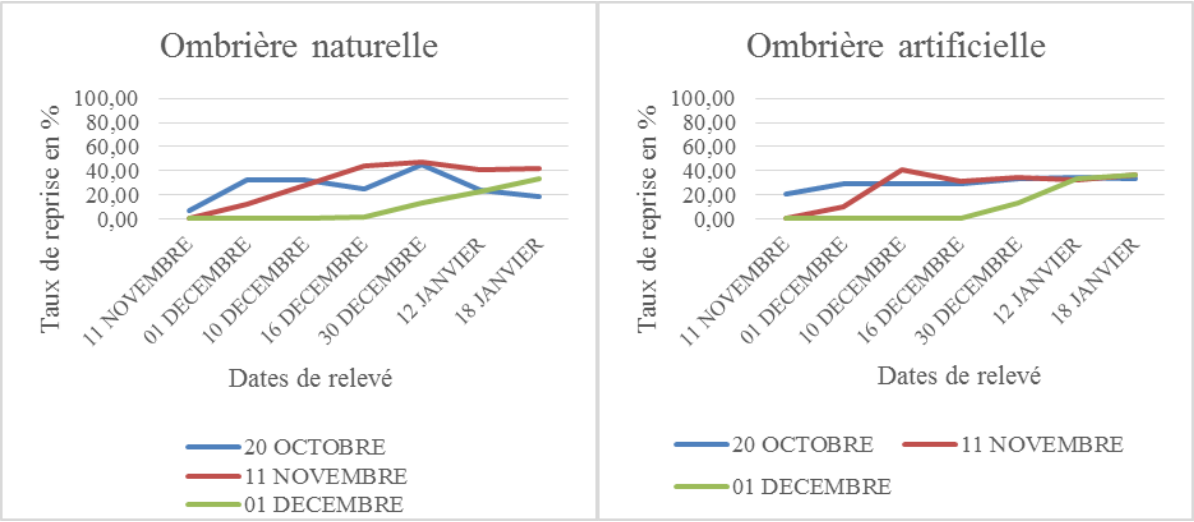


Evolution taux de reprise des boutures de morphotype 3 en provenance de Sandrangato

Le taux de reprise est en dessous de 60%, le maximal étant pour l'couverture naturelle avec 45% après une mise en pot de 55jours. Ce taux est acceptable en comparaison des autres taux vus précédemment. La légère baisse est également constatée dans les deux graphes. Le taux de reprise du dispositif sous

couverture naturelle pris lors des premiers prélèvements (27,2%) est supérieur à celui sous couverture artificielle (17,22%).

Boutures en provenance de Mandraka



Evolution du taux de reprise des boutures de morphotype 3 en provenance de Mandraka

Le taux de reprise noté pour le premier relevé sous couverture naturelle pour les boutures plantées le 20 octobre est de 6,32% contre 20,83% sous couverture artificielle. Pour les boutures sous couverture naturelle repiquées le 11 novembre, en considérant le 1er décembre comme étant la date du premier relevé, ce taux est de 11,93% contre 10% sous couverture artificielle. Le premier taux de reprise du dispositif à couverture naturelle déterminé pour les boutures du 1er décembre est de 1,11% contre 0,83% pour l'autre type. Le dispositif à couverture naturelle est plus performant au début. Cependant, la progression du taux est notable chez le dispositif à couverture artificielle. Le taux maximal consigné est de 46,67% pour des boutures plantées le 11 novembre 2015 sous couverture naturelle dont la date de collecte est le 16 décembre 2015, soit 34 jours après bouturage. Ce taux est assez satisfaisant en comparaison des autres taux enregistré.