



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DES EAUX ET FORETS
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 et Environnement**

Parcours : ECOSystème et BIODiversité

PROMOTION FANDRIAKA MISONGA

2013-2018

**FACTEURS PREPONDERANTS POUR L'ÉVALUATION DE LA
PRODUCTIVITÉ DES *TSIPERIFERY (Piper spp.)* EN MILIEU NATUREL
Cas de la commune rurale AMBONGAMARINA-District ANJOZOROBE**

Présenté par ANDRIANIRINARIMANANA Miray

Soutenu le 8 Mai 2018

Devant le jury composé de :

- Président du jury : RABEMANANJARA Zo, Docteur-HDR
- Rapporteur interne : RABENILALANA Mihajamanana, Docteur-Ingénieur
- Rapporteur externe : RAZAFIMANDIMBY Harizoly, Docteur-Ingénieur
- Examineurs : RAZANAKA Samuël, Professeur
QUESTE Jérôme, Docteur



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DES EAUX ET FORETS
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 et Environnement

Parcours : ECOSystème et BIODiversité

PROMOTION FANDRIAKA MISONGA

2013-2018

**FACTEURS PREPONDERANTS POUR L'EVALUATION DE LA PRODUCTIVITE
DES *TSIPERIFERY (Piper spp.)* EN MILIEU NATUREL**
Cas de la commune rurale AMBONGAMARINA-District ANJOZOROBE



Présenté par ANDRIANIRINARIMANANA Miray

Soutenu le 8 Mai 2018

Devant le jury composé de :

- Président du jury : RABEMANANJARA Zo, Docteur-HDR
- Rapporteur interne : RABENILALANA Mihajamanana, Docteur-Ingénieur
- Rapporteur externe : RAZAFIMANDIMBY Harizoly, Docteur-Ingénieur
- Examineurs : RAZANAKA Samuël, Professeur
QUESTE Jérôme, Docteur

Remerciements

L'élaboration de ce mémoire n'aurait été possible sans la grâce de Dieu, qui m'a donné force et santé tout au long de la recherche.

Je tiens également à adresser des mots de reconnaissances et de sincères gratitudeux aux personnes qui, de près ou de loin, ont participé à l'accomplissement de ce travail. Merci à :

- Monsieur RAMAMONJISOA Bruno Salomon, Professeur Titulaire, Directeur de l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques (ESSA), pour ses précieux conseils à travers ses cours, surtout en matière de méthodologie de recherches ;
- Monsieur RABEMANANJARA Zo Hasina, Docteur-HDR, Chef de la Mention Foresterie et Environnement au sein de l'ESSA qui, malgré ses innombrables fonctions, a bien voulu présider la soutenance de ce mémoire ;
- Madame RABENILALANA Mihajamanana, Docteur-Ingénieur, Enseignant-Chercheur au sein du parcours Ecologie et Biodiversité de l'ESSA-Forêts, qui, malgré ses occupations, a bien voulu mettre à profit, ses valeureux conseils à travers un encadrement rigoureux et encourageant ;
- Madame RAZAFIMANDIMBY Harizoly, Docteur-Ingénieur, Chercheur et conservateur de l'Herbier TEF au DRFGRN, mon encadreur professionnel, qui m'a accordé son temps et ses judicieux conseils tout au long de l'étude ;
- Monsieur RAZANAKA Samuel, Professeur, qui a bien voulu examiner ce travail et a apporté de pertinentes remarques pour son amélioration.
- Monsieur QUESTE Jérôme, Docteur, pour son accueil chaleureux au sein du DP et d'avoir accepté de siéger en tant qu'examineur ;

Je tiens aussi à témoigner ma reconnaissance à :

- Toute l'équipe du projet CAPETSip ; Harizoly, Vola, Manoa, Rahery, pour leur soutien tout au long de la réalisation du mémoire.
- L'ensemble du personnel de FOFIFA/DRFGRN et du DP pour leur accueil chaleureux.
- Tout le personnel et le corps enseignant de l'ESSA, particulièrement ceux de l'ESSA-Forêts, qui ont consacré leur temps et énergie à la formation des étudiants tout au long de leur cursus.
- Ma famille et mes amis pour leur soutien et encouragement durant le travail.
- La promotion Fandriàka Misonga, particulièrement mes amis de la mention foresterie et environnement, pour leur soutien et leur conseil, durant ces années d'études.
- Randrianarimanga Heriniaina, animateur local et Rakotondravony Manoa, Technicien de FOFIFA DRFGRN qui m'ont assisté tout au long de la descente sur terrain.
- La famille Randrianarimanga, qui a bien voulu nous accueillir à Ambongamarina et qui a fait de la descente un séjour inoubliable.

Présentation des partenaires



Cette étude s'inscrit dans le cadre du projet CAPETsip ou Création d'Associations Paysannes d'Exploitation durable de *Tsiperifery*. C'est un projet d'innovation initié par le FOFIFA, le CIRAD et le Maire de la Commune d'Ambongamarina. Le projet vise à améliorer les conditions de vie des habitants du village de la Commune par l'exploitation durable de *Tsiperifery* à travers la création d'association paysanne. Quatre activités ont déjà été menées en vue de l'exploitation durable de la liane sauvage, en l'occurrence la production de plants par bouturage, l'enrichissement de parcelles de collecte, la mise au point de pratiques de cueillette non destructive, le séchage et le tri des fruits. Dix associations réparties dans 5 fokontany de la commune d'Ambongamarina travaillent avec le projet. Il est financé par l'Ambassade de la France dans le cadre du fonds « Projets Innovants des Sociétés Civiles et Coalitions d'Acteurs » ou PISCCA.



Le projet CAPETsip est mise en œuvre par le FOFIFA ou Centre National de la Recherche Appliquée au Développement Rural. Ce centre a été créé en 1974 et est un Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial, doté de la personnalité morale, de l'autonomie financière et administrative. En matière de recherche, ses principales missions sont : contribuer à l'élaboration et à la mise en œuvre de la politique nationale de recherche, en matière de développement rural et d'en assurer, la définition, la promotion, l'orientation, la coordination et la capitalisation de toutes les activités de recherche ; de développer la recherche thématique de base, pour générer des connaissances et techniques pour pouvoir anticiper les problèmes. En matière de Développement Rural, il a pour but de mettre en œuvre les documents de cadrage de la politique générale et des stratégies du Ministère de l'Agriculture ; d'appuyer et accompagner les actions de diffusion des résultats de recherche auprès des bénéficiaires cibles. Le DRFGRN est un des départements du FOFIFA et il s'occupe surtout de la valorisation des produits forestiers et piscicoles dont le *Tsiperifery*.



Le DP ou Dispositif de Recherche et d'Enseignement en Partenariats Forêts et Biodiversité est une convention de partenariat entre le FOFIFA, CIRAD et l'Université d'Antananarivo, créé il y a une quinzaine d'année. Il a pour objectif général de proposer à travers une recherche impliquée, des approches innovantes et adaptées combinant conservation de la biodiversité forestière malgache et valorisation des ressources naturelles afin de réduire la vulnérabilité des socio-écosystèmes face aux changements globaux. Et pour ce faire, il se doit de produire des connaissances, élaborer des outils et proposer des modalités d'actions afin d'assurer (1) la gestion et la conservation de la biodiversité forestière au service des populations locales, (2) la gestion durable des ressources naturelles renouvelables pour le développement rural, et (3) l'intégration multi scalaire de la politique forestière dans les dispositifs de gouvernance. Le programme *Tsiperifery* du DP se trouve dans l'axe (1) dont l'objectif est de développer les bases scientifiques sur l'espèce pour sa gestion et sa valorisation durable

Résumé

Distribué dans la partie orientale de Madagascar, le poivre sauvage de Madagascar ou *Tsiperifery* connaît une forte demande au niveau internationale, grâce à son goût particulier qui a séduit beaucoup de connaisseurs de poivres. De ce fait, plusieurs filières nationales exploitant cette ressource se sont mises en place, sans connaissances scientifiques de base avec des méthodes de collecte destructives conduisant à sa raréfaction. Afin de combler les lacunes de la filière et de permettre une gestion durable de la ressource, l'évaluation du stock disponible est une étape cruciale. Dans ce sens, la présente étude a été menée dans la commune d'Ambongamarina, dans le district d'Anjozorobe, un des premiers bassins de collecte de *Tsiperifery*. L'objectif de l'étude est de déterminer les différents facteurs qui influencent la production par pied de *Tsiperifery*.

Pour ce faire, les lianes de morphotype M2 et M3 et leurs tuteurs respectifs ont été inventoriés pour faire sortir leurs caractéristiques. Ensuite, au sein d'un sous-échantillon de l'inventaire, le pesage des fruits par pied a été effectué afin d'obtenir le rendement. Enfin, un modèle de productivité a été élaboré en considérant les facteurs prépondérants du rendement par liane. Les analyses statistiques ont révélé que le rendement par pied augmente avec la taille de la liane, notamment avec sa hauteur et son diamètre. Ensuite, la hauteur et le diamètre du tuteur influencent aussi le rendement par pied, puisque le développement des lianes est limité sur de petits tuteurs. Puis, les lianes de morphotype M3 ont une production plus élevée que les lianes de morphotype M2. Et enfin, le meilleur modèle pour le calcul de la production totale est obtenu en prenant comme variables explicatives : la hauteur, le diamètre et le morphotype de la liane, avec un coefficient de détermination égale à 0,705.

Les résultats obtenus confirment bien le fait que la ressource se raréfie, et que le potentiel de production des lianes a considérablement diminué par rapport aux résultats des recherches antérieures. La production totale de la commune d'Ambongamarina, calculée à partir du modèle s'élève à $1,97 \pm 0,42$ tonnes. Toutefois, ce modèle d'estimation reste à améliorer en collectant plus de données, s'étalant sur une durée plus longue et couvrant différentes stations. La recherche met à disposition des quotas de prélèvement maximums, et des itinéraires d'enrichissement en forêt qui pourront être appliqués. Mais parallèlement, d'autres possibilités sont à envisager comme la replantation en dehors de la forêt, voire dans des systèmes agroforestiers.

Mots clés : *Tsiperifery*, facteurs, productivité, Ambongamarina, Anjozorobe.

Abstract

Distributed in the eastern part of Madagascar, *Tsiperifery* or Madagascar wild pepper knows a strong demand internationally, due to its particular taste which seduced many connoisseurs of peppers. As a result, several national value chains exploiting this resource have been set up, without basic scientific knowledge and using destructive collection methods leading to its depletion. In order to fill the gaps of the sector and to allow a sustainable management of the resource, the evaluation of the available stock is a crucial step. In this sense, the present study was conducted in the commune of Ambongamarina commune, inside the district of Anjozorobe, one of the first collection basins of *Tsiperifery*. The study aims to identify the different factors that influence the production per foot of *Tsiperifery*.

To do this, the M2 and M3 morphotype lianas and their respective tutors were inventoried to extract their characteristics. Then, within a sub-sample of the inventory, the weighing of the fruits per foot was carried out in order to obtain the yield. Finally, a productivity model has been developed considering the main factors of yield per liana. Statistical analyzes revealed that the yield per foot increases with the size of the liana, especially with its height and diameter. Then, the height and diameter of the support also influence the yield per foot, since the development of lianas is limited on small supports. Then, the M3 morphotype lianas have a higher production than the M2 morphotype lianas. And finally, the best model for the calculation of the total production is obtained taking as explanatory variables: the height, the diameter and the morphotype of the liana, with a coefficient of determination equal to 0.705.

The results obtained confirm the fact that the resource is becoming scarce, and that the production potential of lianas has considerably decreased compared to the results of previous researches. The total production of the commune of Ambongamarina, calculated from the model amounts to 1.97 ± 0.42 tons. However, the established estimation model is not yet very accurate due to lack of data. It needs to be improved and deeply studied by collecting more data, spanning a longer time and covering different stations. The research provides maximum harvest quotas and enrichment routes in the forest that can be applied. By the time, researchers should consider replanting outside the forest, for instance planting in agroforestry systems.

Keywords : *Tsiperifery*, factors, productivity, Ambongamarina, Anjozorobe

Famintinana

Amin'ny faritra atsinanan'ny Nosy no ahitana ny *Tsiperifery* na dipoavatra-dia avy eto Madagasikara. Izy io dia tena be mpitady eo amin'ny tsema iraisam-pirenena noho ny tsirony miavaka izay nambabo manam-pahaizana manokana maro mikasika ny dipoavatra. Noho izany dia lalam-barotra maro teto an-toerana, no niforona, nitrandraka io otrikarena io, na dia tsy nanana fahalalana fototra aratsiansa sady mampiasa fomba fitrandrahana tsy mamotika ka nahatonga ny fahavitsiany. Mba ahafahana mamaha ny lesoka eo amin'ny lalam-barotra sy ahafahana mitantana maharitra ity otrikarena ity, dia tsy maintsy atao ny fanombanana ny tahiry azo trandrahana. Arak'izany dia natao ity fikarohana ity tao amin'ny kaominina Ambongamarina, distrikan'Anjozorobe, izay anisan'ny saha fiotazana *Tsiperifery* voalohany. Ny tanjon'ny fikarohana dia ny famantarana ireo fanoitra miantraika amin'ny taham-pahavokarana isaky ny fototra.

Mba ahahatongavana amin'izany, dia nanganina tamin'ny alalan'ny fanisana ny toetry ny vahy karazany M2 sy M3 sy ny toetry ny hazo handadizany. Manaraka izany, tao anatin'ny ampahany amin'ilay faritra fanisana, dia nolanjaina ny voan'ireo *Tsiperifery*, izay nahazoana ny taham-pahavokarana isaky ny fototra. Ary farany, ireo fanoitra mifampiankina indrindra amin'ny taham-pavokarana isaky ny fototra dia namoahana modelin'ny taham-pahavokarana. Ny valin'ireo fitsapana ara-statistika dia nampiseho fa ny taham-bokatra isaky ny fototra dia mitombo arakaraky ny haben'ny vahy, singanina amin'izany ny halavan'ny vahy sy ny sakany. Manaraka izany, dia misy fiantraikany amin'ny taham-pahavokarana ihany koa ny haben'ny hazo handadizany satria ny fitomboan'ny vahy dia voafetra raha kely ny halava sy ny sakan'ilay hazo. Ary ny karazana *Tsiperifery* M3 dia mamokatra kokoa noho ny karazany M2. Ary farany, ny fanombanana miankina amin'ny halavan'ny vahy sy ny sakany ary ny karazany, izay nahitana lanjan'isa famaritana 0,705, no mety indrindra entina manombana ny tahiry eo an-toerana.

Ny vokatr'ity asa natao ity dia manamafy fa miha-vitsy ny *Tsiperifery* ao anaty ala, ary mihena ny vokatra isaky ny fototra raha ampitahaina amin'ireo fikarohana tany aloha. Ny fahavokaran'ny *Tsiperifery* ao Ambongamarina, nokajiana araka io modely io dia mahatratra $1,97 \pm 0,42$ taonina. Na dia izany aza anefa dia tsy mbola tomombana tsara ilay fanombanana natao nohon'ny tsy fahampian'ny angon-kevitra teo am-pelatanana. Tokony halalinina sy hatsaraina noho izany ny fikarohana, amin'ny alalan'ny fampitomboana ny angon-kevitra, atao mandritra ny fotoana lavalava kokoa ary atao amin'ny toerana samihafa. Ny fikarohana dia efa nanome fetra farany ambony mikasika ny fitrandrahana azon'ny mponina atao, sy torolalana mikasika ny fanaparahana azy anaty ala, izay efa tokony ampiharina. Entina hanampiana izany anefa, dia tokony hovisaina sahady ny fambolena ny *Tsiperifery* ivelan'ny ala, izany hoe ampiarahana amin'ny ala vadim-boly.

Teny iditra : *Tsiperifery*, fanoitra, taham-pahavokarana, Ambongamarina, Anjozorobe

Table des matières

Remerciements.....	i
Présentation des partenaires.....	ii
Résumé.....	iii
Abstract.....	iv
Famintinana.....	v
Table des matières.....	vi
Acronymes.....	x
Glossaire.....	xi
Liste des annexes.....	xii
Liste des cartes.....	xii
Liste des figures.....	xii
Liste des photos.....	xii
Liste des tableaux.....	xiii
1 INTRODUCTION.....	1
2 METHODOLOGIE.....	3
2.1 Problématique, hypothèses et objectifs.....	3
2.1.1 Problématique.....	3
2.1.2 Hypothèses et objectifs.....	4
2.2 Etat des connaissances.....	5
2.2.1 Milieu d'étude.....	5
2.2.2 <i>Piper spp.</i> ou <i>Tsiperifery</i>	7
2.2.2.1 Classification.....	7
2.2.2.2 Description botanique.....	7
2.2.2.3 Diversité morphologique au sein du <i>Tsiperifery</i>	8
2.2.2.4 Ecologie.....	10
2.2.2.5 Phénologie.....	10
2.2.2.6 Aire de distribution.....	10

2.2.2.7	Multiplication et domestication.....	10
2.2.3	Evaluation de la productivité.....	11
2.2.3.1	Selon la FAO en 2001	11
2.2.3.2	Selon Ilboudo en 2005.....	12
2.3	Méthodes	13
2.3.1	Cartographie	13
2.3.2	Inventaire.....	13
2.3.2.1	Taille de l'échantillon et dispositif d'échantillonnage	13
2.3.2.2	Présentation et description des paramètres endogènes	13
2.3.2.3	Présentation et description des paramètres exogènes	14
2.3.3	Estimation du rendement.....	15
2.3.4	Paramètres à relever pour chaque opération.....	15
2.3.5	Traitement et analyse des données	16
2.3.5.1	Evaluation du sex ratio	16
2.3.5.2	Evaluation du degré de recouvrement de la forêt.....	16
2.3.5.3	Identification des relations entre le rendement par pied et les différentes variables 16	
2.3.5.4	Vérification de la significativité et de l'intensité des relations entre les différentes variables 18	
2.3.5.5	Evaluation de la densité et modèle d'estimation de la production totale	18
2.4	Limites de la méthodologie	19
2.5	Cadre opératoire	20
3	RESULTATS	21
3.1	Situation de la population de <i>Tsiperifery</i>	21
3.1.1	Structure de la population.....	21
3.1.2	Sex ratio.....	21
3.1.3	Tuteurs associés à l'espèce.....	22
3.1.4	Rendement par pied.....	23

3.1.5	Densité globale	23
3.1.6	Répartition suivant la toposéquence.....	24
3.1.6.1	Densité.....	24
3.1.6.2	Rendement par pied.....	24
3.2	Influences des facteurs sur le rendement par pied.....	24
3.2.1	Identification des variables influençant le rendement par pied	24
3.2.2	Vérification de la significativité des relations	26
3.2.2.1	Variables quantitatives et rendement par pied.....	26
3.2.2.2	Variables qualitatives et rendement par pied.....	27
3.3	Modèle d'estimation de la production totale	28
3.3.1	Potentiel de production.....	28
3.3.2	Modèle d'estimation de la production totale.....	28
4	DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS	30
4.1	Discussion sur la méthodologie.....	30
4.1.1	Méthode d'inventaire	30
4.1.2	Estimation du rendement.....	30
4.1.3	Taille d'échantillon requise	30
4.1.4	Tests non paramétriques	30
4.2	Discussion sur les résultats.....	31
4.2.1	Rendement par pied.....	31
4.2.2	Evaluation du stock total	31
4.2.3	Quota de prélèvement.....	32
4.2.4	Effet du sex ratio sur le rendement.....	33
4.2.5	Rareté de la ressource et dominance des pieds mâles	34
4.2.6	Espèces tutrices	34
4.2.7	Facteurs influençant la productivité	34
4.3	Vérification des hypothèses.....	35
4.3.1	Hypothèse 1 : La productivité des lianes dépend de la taille de la liane	35
4.3.2	Hypothèse 2 : Le rendement par pied varie suivant le morphotype de la liane.....	35

4.3.3	Hypothèse 3 : La productivité du <i>Tsipifery</i> est influencée par les caractéristiques du tuteur	35
4.4	Recommandations	36
4.4.1	Recommandations pour la méthodologie	36
4.4.2	Recommandations pour la pratique	36
4.4.2.1	Itinéraire technique pour l'enrichissement en forêt	36
4.4.2.2	Mettre en vigueur les quotas maximums de prélèvements	37
4.4.2.3	Replanter hors de la forêt	37
4.4.2.4	Elaborer un système de sécurisation des zones d'exploitation	38
4.4.2.5	Finaliser le cahier de charge et obtenir un label de certification	38
4.4.2.6	Réduire les pressions sur les forêts	38
4.4.3	Cadre logique d'intervention	39
5	Conclusion	41
6	BIBLIOGRAPHIE	42

Acronymes

ACM : Analyse des Correspondances Multiples

Ar : Ariary

BD : Base de Données

BV : Bas-Versant

CAPETSip : Création d'Associations Paysannes d'Exploitation durable de *Tsiprifery*

CIRAD : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

COBA : Communauté locale de Base

DP Forêts et Biodiversité : Dispositif de recherche et d'enseignement en Partenariats Forêts et Biodiversité

DRFGRN : Département de Recherches Forestières et Gestion des Ressources Naturelles

ESSA : Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques

FAO : Food and Agriculture Organization

FOFIFA : FOibem-pirenena momba ny Fikarohana ampiharina amin'ny FAmpandrosoana eny Ambanivohitra ou Centre national de recherche appliquée au développement rural

GPS : Global Positioning System

g : gramme

ha : hectare

Kg : Kilogramme

km² : kilomètre carré

mm : millimètre

cm : centimètre

m : mètre

MV : Mi-Versant

PFNL : Produits Forestiers Non Ligneux

PISCCA : Projets Innovants des Sociétés Civiles et Coalitions d'Acteurs

t : tonne

Glossaire

Dina : Convention collective entre les communautés d'un village ou de plusieurs villages qui fixe des règles de comportement et des sanctions. La plupart des *Dina* concernent actuellement les COBA (Andriamahazo *et.al*, 2004).

Ecocertification (*ecolabel* en anglais) : désigne l'attribution d'un sceau de reconnaissance aux produits jugés avoir un moindre impact sur l'environnement que des produits similaires par leur prix ou par leur fonction (Wessells, 2001). Ce sont des dispositifs de valorisation de filière reposant sur un signe de qualité, généralement territorial (indications géographiques), qui sont des droits de propriété intellectuelle, dont l'objet est commercial ou patrimonial avant d'être environnemental (Dedeire, 2011)

Morphotype : diversité morphologique, en biologie : terme informel pour caractériser ceux d'entre les individus d'une espèce qui partagent une caractéristique morphologique contrairement à d'autres individus de la même espèce (Konaté et Kampmann, 2010)

Produits forestiers non ligneux (PFNL) : Biens d'origine biologique autres que le bois, provenant des forêts, d'autres terrains boisés ou provenant d'arbres hors forêts (FAO, 1999). « *Tout produit issu des forêts dont la récolte n'implique pas nécessairement la coupe de l'arbre. Il peut s'agir de feuilles, tiges, racines, écorces, fleurs, graines, fruits* ». (Arrêté n° 20489/2008 du 18/11/2008, Art. 2, République de Madagascar, abrogé).

Productivité ou rendement : se réfère typiquement à la quantité de produit disponible et utile pour la collecte ou l'exploitation à un moment donné (c'est-à-dire qui peut être utilisé commercialement). Cependant, le rendement peut également signifier le potentiel biologique total d'une espèce (c'est-à-dire quelle quantité pousse effectivement sur le site). La différence entre les deux définitions peut sérieusement influencer les conclusions d'une évaluation, la dernière étant bien supérieure à la première (FAO, 2001).

Liste des annexes

Annexe 1 : Carte de répartition de <i>Tsiperifery</i>	I
Annexe 2 : Description du milieu d'études.....	III
Annexe 3 : Fiches d'inventaire.....	V
Annexe 4 : Liste des tuteurs.....	VII
Annexe 5 : Résultats de l'ACM.....	IX

Liste des cartes

Carte 1 : Présentation de la zone d'étude.....	6
--	---

Liste des figures

Figure 1 : Répartition des individus par classe de diamètre.....	21
Figure 2 : Espèces tutrices les plus fréquentes du <i>Tsiperifery</i>	22
Figure 3 : Caractéristiques du rendement par pied.....	23
Figure 4 : Rendement par pied suivant la toposéquence.....	24
Figure 5 : Résultats de l'ACM pour Prod-faible et Prod-moyenne.....	25
Figure 6 : Résultats de l'ACM pour Prod-élevée.....	25
Figure 7 : Rendement par pied suivant le morphotype.....	28
Figure 8 : Coefficients normalisés des variables.....	29
Figure 9 : Prédiction de la production.....	32
Figure 10 : Courbe ombrothermique de GAUSSEN de la station d'Anjozorobe.....	III

Liste des photos

Photo 1 : Description botanique du <i>Tsiperifery</i>	8
Photo 2 : Feuilles et fruits des différents morphotypes de <i>Tsiperifery</i>	9
Photo 3 : Collecte des fruits.....	15
Photo 4 : Pesage des fruits.....	15

Liste des tableaux

Tableau 1 : Description de la zone d'étude	5
Tableau 2 : Caractères d'indentification des deux morphotypes M2 et M3.....	10
Tableau 3 : Méthodes de mesure du rendement.....	12
Tableau 4 : Paramètres à relever pour chaque opération.....	15
Tableau 5 : Transformation des données quantitatives pour l'ACM	17
Tableau 6 : Composition mâle-femelle de la population suivant la toposéquence	21
Tableau 7 : Composition mâle-femelle suivant les versants	22
Tableau 8 : Familles les plus fréquentes	23
Tableau 9 : Densité du <i>Tsiperifery</i>	24
Tableau 10 : Axes expliqués par les modalités du rendement par pied et leurs coordonnées.....	25
Tableau 11 : Variables associées à chaque modalité de la production.....	26
Tableau 12 : Corrélation entre rendement par pied et variables quantitatives	27
Tableau 13 : Relations rendement par pied – variables qualitatives	27
Tableau 14 : Potentiel de production.....	28
Tableau 15 : Significativité de chaque modèle selon le paramètre considéré.....	29
Tableau 16 : Quota de prélèvement par association.....	33
Tableau 17 : Production et sex ratio par versant	33

1 INTRODUCTION

Dans les pays en voie de développement, jusqu'à 80 % des populations dépendent des PFNL pour vivre. En effet, les PFNL peuvent contribuer significativement par leur commercialisation à l'augmentation des revenus des ménages, et jouent alors le rôle de 'filet de sécurité' ou de 'recettes d'appoint' (Belcher *et al.*, 2007 ; Marshall, 2005). Il arrive cependant que la commercialisation des PFNL représente parfois la seule source de recettes monétaires pour les communautés isolées. Leur dépendance envers les ressources forestières en est alors renforcée (Neumann et Hirsch, 2000). Et les revenus issus de cette activité peuvent parfois s'avérer très faible (Nguyen, 2002).

Le poivre sauvage de Madagascar ou *Tsiperifery*, un PFNL exploité localement, est une épice endémique dont l'exploitation et la commercialisation récentes suscitent un certain engouement. Les prix de vente sur les marchés européens, qui peuvent aller jusqu'à 500 euros le kilogramme (Touati, 2012), illustrent le potentiel commercial de ce produit. Il fait l'objet d'une attention particulière et d'une demande croissante sur le marché international depuis 2010, et pour cause : c'est un produit original, méconnu, endémique de l'île rouge, si mystérieuse et exotique. Le *Tsiperifery* séduit les fins connaisseurs de poivres par « sa fraîcheur, son piquant et sa belle touche citronnée ». Seule Madagascar exploite et exporte cette épice. Ainsi, plusieurs filières nationales se sont mises en place, et cela accentuant la destruction de cette ressource et de son habitat. En effet, elle est victime de pratique de récolte destructive et d'une dégradation intense de son habitat. Et la distribution des revenus le long de la chaîne de valeur n'est pas équitable (Razafimandimby *et al.*, 2017).

Ainsi, FOFIFA en collaboration avec le CIRAD et l'université d'Antananarivo dans le cadre du DP, effectuent des recherches dont l'objectif est d'établir une exploitation durable du *Tsiperifery*, tout en assurant la conservation des écosystèmes et la répartition équitable des gains entre les acteurs de la filière. Les recherches sont organisées autour de trois axes: (i) améliorer les connaissances sur la biologie de la plante, en particulier sa diversité génétique, la délimitation de sa zone de distribution, l'évaluation du stock total et la caractérisation des procédures de transformation utilisées pour optimiser la qualité de ses produits; (ii) élaborer des itinéraires techniques pour la domestication, en explorant les effets écologiques et sociaux de différentes stratégies de domestication; (iii) soutenir la coordination du secteur par une procédure de mise en place d'une marque collective impliquant toutes les parties prenantes (Razafimandimby *et al.*, 2017). Le projet CAPETSip (Création d'Associations Paysannes d'Exploitation durable de *Tsiperifery*) a donc été mis en place dans ce contexte. Il est réalisé en coopération avec la commune rurale d'Ambongamarina dans laquelle, les acteurs à l'aval de la filière *Tsiperifery* sont les plus déshérités et où les impacts des mauvaises pratiques de récoltes sur l'espèce et l'écosystème sont flagrants. Le projet vise à améliorer les conditions de vie des habitants des villages de la commune en y accompagnant la création d'organisations paysannes d'exploitation durable du *Tsiperifery* sur 5 fokontany. Dix associations ont été identifiées pour travailler dans le projet dans la mise en œuvre de ces activités (FOFIFA/DRFGRN, 2016).

Cette étude est réalisée dans le cadre de ce projet et constitue un élément du premier axe des recherches menées par FOFIFA/DRFGRN.

En effet, un des majeurs obstacles à la gestion de la ressource est l'insuffisance de connaissance sur la biologie de la plante. Mesurer la distribution et quantifier la ressource selon la FAO (2001) est nécessaire au niveau local pour :

- Déterminer le taux d'exploitation durable
- Contrôler l'état de la ressource
- Faire la démonstration de la gestion durable pour persuader les autorités à autoriser l'exploitation

Aucune intervention sur la gestion durable ne peut se faire sans connaissance de l'état du stock, et ce dernier varie d'une zone à une autre et d'un individu à un autre. La recherche entreprise vise donc à identifier les différents facteurs qui influencent le rendement par pied du *Tsiperifery* afin d'estimer le stock disponible sur un territoire donné. Trois hypothèses sont mises en exergue pour répondre à cette problématique. La première suppose que la production dépend de la taille de l'individu. La deuxième présume une variation du rendement en fonction du morphotype et la troisième stipule que c'est la morphologie du tuteur qui influence le rendement.

Pour mieux structurer le document, trois grandes parties sont présentées. Une méthodologie sur les différentes phases de son élaboration sera abordée en premier. Cette partie relate la démarche suivie, en commençant par l'approche adoptée, les états de connaissance sur le sujet, les méthodes de collecte de données et la phase de traitements. Ensuite seront avancés les résultats qui concernent l'influence des différents facteurs sur le rendement par pied puis l'évaluation du rendement à l'hectare compte tenu des corrélations avec les facteurs. Et, enfin sera présentée une dernière partie qui fait état des discussions sur la méthodologie et sur les résultats, suivies des différentes recommandations qui sont non seulement des perspectives pour la recherche mais aussi des conseils d'application dans la pratique.

2 METHODOLOGIE

2.1 Problématique, hypothèses et objectifs

2.1.1 Problématique

Le *Tsiperifery* n'a suscité l'intérêt scientifique que depuis l'arrivée du projet Crop Wild Relatives (Plantes Sauvages Apparentées) en 2004 (Razafimandimby, 2011 ; Touati, 2012). La hausse de la demande et du prix de vente a entraîné la mise en place de plusieurs filières nationales. Ces dernières ont de ce fait été établies sans connaissances scientifiques de base sur les états de la ressource (disponibilité, diversité), les impacts de la cueillette sur la ressource, sur l'organisation des opérations et sur les modes de traitement post-récolte (conditionnement, séchage) (Razafimandimby *et al.*, 2017). Cette insuffisance de connaissances constitue un des obstacles majeurs à l'élaboration de stratégie de gestion durable de la ressource.

Ensuite, la cueillette est réalisée avec des méthodes de collectes destructives pour optimiser les récoltes, dont l'abattage des tuteurs et l'arrachage des lianes, en récoltant toutes les grappes, même celles qui ne sont pas mûres (Razafimandimby, 2011). Le potentiel de régénération des plants s'en retrouve alors diminué. En effet, les études menées jusqu'à présent ont démontré, (i) un faible potentiel de régénération du poivre sauvage (de l'ordre de 141 %) (Razafimandimby, 2011), (ii) des méthodes de collecte anarchiques dont l'abattage des tuteurs dans 95% des cas, arrachage des lianes dans 4% des cas et pour les 1 % restants, le cueilleur grimpe sur le tuteur (Touati, 2012). Et, (iii) la destruction des tuteurs crée des trouées dans la canopée, empêchant la germination des plantules sciaphiles (Razafimandimby, 2011).

Le bassin de collecte d'Anjozorobe fait partie des premiers grands bassins d'approvisionnement en *Tsiperifery*. Et selon des enquêtes auprès les cueilleurs, autour des communes de Betatao et d'Ambongamarina, les stocks de *Tsiperifery* ont progressivement diminué jusqu'à devenir quasiment nuls (Touati, 2012). Ensuite, comme dans la plupart des bassins de collecte, les cueilleurs de *Tsiperifery* à Ambongamarina sont des victimes de la répartition inéquitable des revenus générés par la filière, le kilo de *Tsiperifery* sec est acheté aux cueilleurs aux environs de 4 € et vendu sur le marché international jusqu'à 200 €. Les cueilleurs ne reçoivent que 2% de la valeur finale du produit (Razafimandimby *et al.*; 2017). Par conséquent, les populations forestières ne tirent pas de l'exploitation du *Tsiperifery* un revenu à la hauteur du potentiel économique de cette épice. Etablir des mesures de gestion durable dans cette zone s'avère donc être une priorité.

Trois obstacles se dressent alors face à la filière, (i) l'insuffisance de connaissances scientifiques de base, (ii) la raréfaction de la ressource et la destruction de l'habitat et (iii) la faible rémunération à l'aval de la filière. Les solutions identifiées jusqu'à présent sont les replantations en forêt et le développement d'une marque collective. En effet, des recherches sur la multiplication par bouturage du *Tsiperifery* ont été effectuées par FOFIFA/DRFGRN, et le projet CAPETsip prévoit déjà des replantations en forêts.

Néanmoins, aucune recherche sur le stock n'a encore été entreprise, alors que la connaissance du réel stock disponible permettrait de prévenir à temps la surexploitation et également d'obtenir puis de mieux gérer une autorisation de collecte. Il s'agit aussi de mettre en place des dispositifs de contrôle et suivi (Abraham *et al.*, 2000).

L'estimation de la production totale disponible de *Tsiperifery* est donc une étape primordiale pour la gestion durable de la ressource. Mais la production dépend de plusieurs variables, qui doivent être considérées lors de son évaluation. Ces informations sont aussi utiles dans la mise en place d'itinéraire d'enrichissement en forêt. C'est dans cette optique que la présente étude s'insère. Une question principale se pose ainsi, **quelles sont les variables prépondérantes pour l'évaluation de la production de *Tsiperifery* dans son aire de distributions naturelle ?**

2.1.2 Hypothèses et objectifs

Trois **hypothèses** basées sur l'influence des paramètres endogènes (taille et morphotype des lianes) et exogène (caractéristiques des tuteurs) sont identifiées dans cette recherche.

- **La première énonce que « La productivité des lianes dépend de la taille de la liane »**

Des lianes de tailles et d'âge différents ne produisent pas la même quantité de fruits. D'une manière générale plus le diamètre de la liane est important plus la fructification est abondante. Il arrive cependant que certaines lianes atteignent des diamètres imposant (jusqu'à 20 cm) sans n'avoir jamais fructifié (Touati, 2012).

- **La deuxième suppose que « Le rendement par pied varie suivant le morphotype de la liane »**

Selon Ratsaraefatrarivo (2012), deux types de *Tsiperifery* existent ; « *Tsiperifery lahy* » moins productif et à feuilles plus ovalaires et « *Tsiperifery vavy* » plus productif. Et en 2017, Razafimandimby *et al.* ont mis en exergue l'existence de quatre morphotypes caractérisés par des traits morphologiques différents au sein de *Tsiperifery*. En considérant ces caractères distinctifs, il est possible qu'il existe une variation de la productivité au sein de la population.

- **La troisième stipule que « La productivité du *Tsiperifery* est influencée par les caractéristiques du tuteur ».**

La productivité des individus dépend de la morphologie des tuteurs dont le diamètre, la hauteur, la qualité de l'écorce et le degré de recouvrement du houppier. Comme les deux auteurs suivants (Touati en 2012 et Ratsaraefatrarivo en 2012) le supposent, les tuteurs dont les écorces présentent des anfractuosités permettent une croissance plus rapide de la liane. Les plants fructifères sont majoritairement présents sur de grands tuteurs et plus l'ensoleillement entre 8 et 25 m de hauteur est conséquent (jusqu'à 60 – 75 %) plus la fructification est abondante. Le recouvrement du houppier peut donc influencer sa productivité.

De par ces hypothèses l'objectif de l'étude est de déterminer les différents facteurs qui influencent la production par pied de *Tsiperifery* dans leur aire de distribution naturelle afin d'évaluer le stock disponible.

Les objectifs spécifiques qui en découlent sont :

- Décrire le peuplement de *Tsiperifery*
- Identifier les facteurs liés au rendement par pied du *Tsiperifery*.
- Etablir un modèle d'estimation de la production totale.

2.2 Etat des connaissances

2.2.1 Milieu d'étude

L'étude concerne particulièrement la commune rurale d'Ambongamarina et s'étale sur 5 fokontany dans lesquels intervient le projet CAPETsip, notamment : Andreba, Ambongamarina, Antanifotsy, Anosimanarivo et Ambohimaramanana. Dix associations ont été formées au sein de ces fokontany.

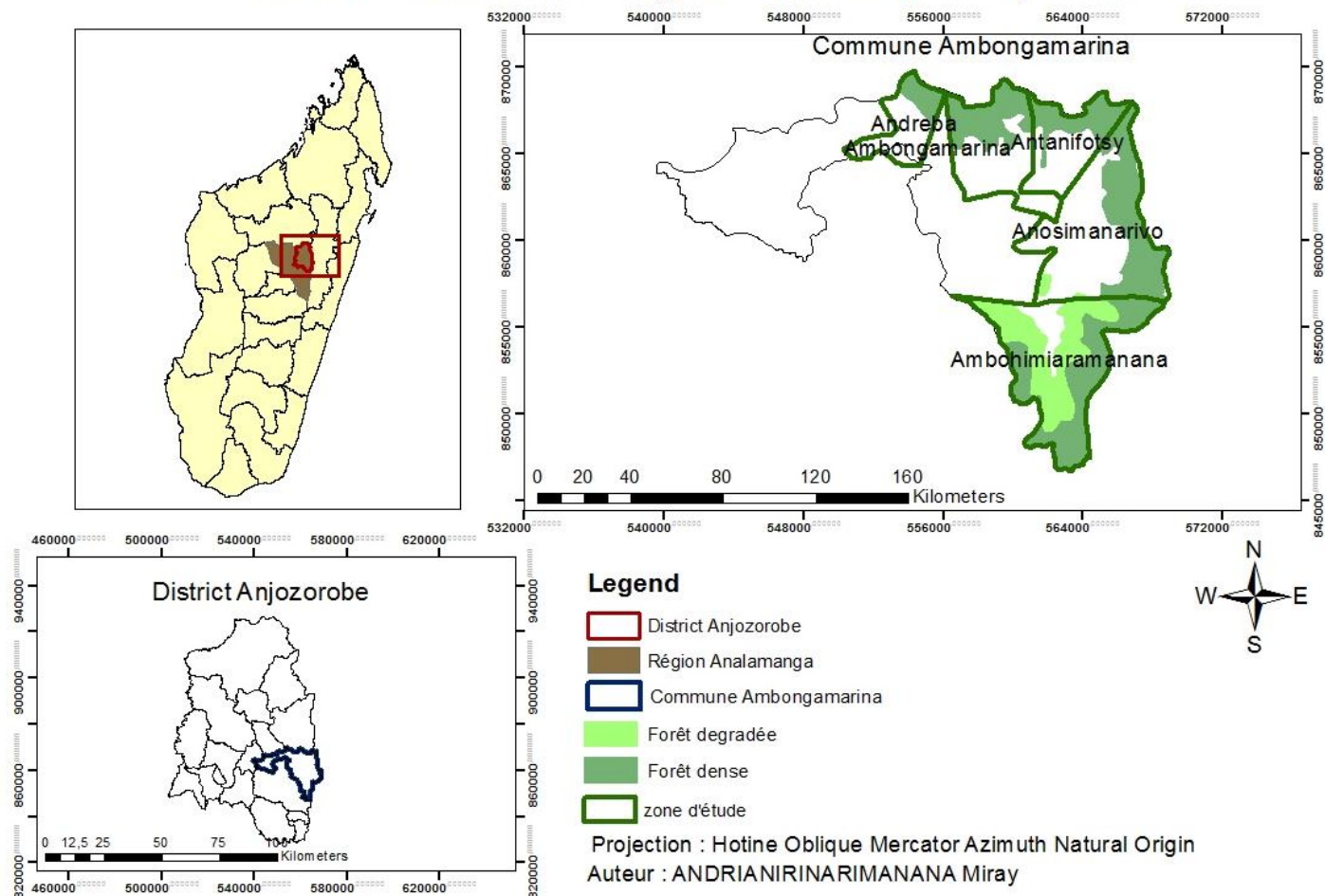
- **Andreba** : Andreba
- **Ambongamarina** : Ambatolampy, Anjozorovola, VOI Ambatolampy
- **Antanifotsy** : Anorana, Antobitsihanaka, Ankerambe
- **Ambohimaramanana** : Ambohimaramanana
- **Anosimanarivo** : Ambohibary, Ambohimahatsinjo

Tableau 1 : Description de la zone d'étude

Facteurs	Caractéristiques
Géographie et administratif	District Anjozorobe, Région Analamanga, superficie de 3 714 km ²
Humain	202 771 habitants, activités : agriculture, apiculture, élevage de bovins et de volailles, agriculture sur brûlis
Climat	Température moyenne annuelle : 18,3°C, précipitation annuelle : 1237 mm
Topographie et Relief	Relief de hautes terres à dissection profonde
Pédologie	Association de sol ferrallitique rouge et jaune
Végétation	Peuplement forestier et formations secondaires

(Cf annexe 2)

Carte Commune Ambongamarina- District Anjozorobe



Carte 1 : Présentation de la zone d'étude

2.2.2 *Piper spp.* ou *Tsiperifery*

2.2.2.1 *Classification*

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 :

Règne : VEGETAL

Embranchement : SPERMATOPHYTES

Sous-embranchement : ANGIOSPERMES

Classe : DICOTYLEDONE

Sous-classe : MAGNOLIDES

Ordre : PIPERALES

Familles : PIPERACEAE

Genre : *Piper*

Espèce : *Piper spp.*

Nom vernaculaire : *Tsiperifery*, *Sakaiala*, *Tsimahalatsaka*, *Sakarivovahy*, *Sakarivonala*, *Sakarivondambo*

Nom commun : *Tsiperifery*, *VoaTsiperifery*, Poivre sauvage de Madagascar

La révision taxonomique sur le genre *Piper* effectuée par De Candolle, en 1923, divise le *Tsiperifery* en 3 espèces : *Piper borbonense* C.DC, *Piper pyriformium* VAHL and *Piper pachyphyllum* BAKER. Une nouvelle classification provisoire et non publiée de Manjato *et al.* (2010) recense 13 espèces de *Piper* à Madagascar, avec *P. pachyphyllum*, *P. borbonense*, *P. heimii* et quatre nouvelles espèces endémiques dont les descriptions correspondent à celles du *Tsiperifery*.

2.2.2.2 *Description botanique*

Tsiperifery ou *Piper spp.* [PIPERACEAE] est une liane de grande taille grimpant jusqu'à 10-12 mètres sur un tuteur. La fixation sur le tuteur se fait grâce à des racines-crampons apparaissant au niveau supérieur des entre-nœuds. Sur une même plante un dimorphisme foliaire est constaté. Les tiges orthotropes portent des feuilles cordiformes alors que les rameaux plagiotropes ont des feuilles de forme elliptique à oblongue. La plante est dioïque. Les inflorescences mâles et femelles sont constituées d'épis solitaires opposés à la feuille. Les fruits sont des baies de petite taille rouge orangé à maturité qui conservent leurs pédicelles en séchant d'où son appellation « poivre à queue de Madagascar » (Razafimandimby *et al.*, 2017).

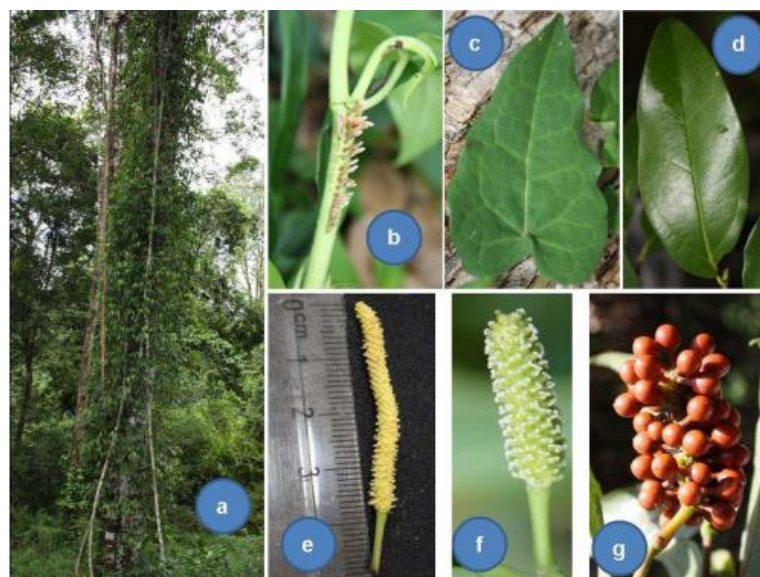


Photo 1 : Description botanique du Tsiperifery

a : *Tsiperifery* sur son tuteur ; b : racines crampons ; c : feuille cordiforme ; d : feuille elliptique ; e : inflorescence mâle ; f : inflorescence femelle ; g : grappe mature

Source : Razafimandimby *et al.*, 2017

2.2.2.3 Diversité morphologique au sein du *Tsiperifery*

Tsiperifery regroupe 4 classes morphologiques ou morphotypes, dont M1, M2, M3 et M4. Les traits morphologiques distinctifs des 4 morphotypes sont surtout localisés au niveau de la feuille et du fruit (Razafimandimby, 2017) :

Pour le morphotype 1 ou **M1**, les feuilles sont très épaisses et coriaces, avec une insertion de la base symétrique et l'apex est obtus. Les nervures secondaires sont proéminentes sur les deux faces de la feuille qui sont glabres. La réticulation du limbe est éparse. L'inflorescence mâle a une longueur moyenne de pédoncule de moins de 1cm portant un rachis avec un diamètre environ 3,5 mm sur lequel les fleurs sont serrées. La fleur mâle est constituée de 1-2 étamines qui porte chacune 2 sacs polliniques qui sont déhiscents à l'apex. Les fleurs femelles disposent de 3 à 4 stigmates. Les fruits sont de grosses baies ovoïdes avec des pédicelles présentant une protubérance à la base et qui sont pourvus de poils. Le dimorphisme foliaire n'est pas observé chez M1 ; les feuilles des tiges orthotropes sont également elliptiques.

Quant au morphotype 2 ou **M2**, le limbe de la feuille est membraneux avec une base oblique dissymétrique des deux côtés du pétiole et l'apex est aigu. Les nervures secondaires sont proéminentes à la face inférieure et la réticulation du limbe est dense. La face inférieure du limbe est glabre ou pubescente et la face supérieure est généralement glabre. Le pédoncule de l'inflorescence mâle a une longueur moyenne de 1,2 cm. Le rachis d'inflorescence a environ 3,4 mm de diamètre et les fleurs y sont assez denses. La fleur mâle est composée de 1-2 étamines qui porte chacune 2 sacs polliniques à déhiscence apicale. Les fleurs femelles disposent majoritairement de 3 stigmates. Les fruits sont de petites baies globuleuses avec des pédicelles droits glabres.

Dans le morphotype 3 ou **M3**, le limbe foliaire est plus épais que celui de M2. La base du limbe est cordée et dissymétrique. L'apex est obtus. Les nervures secondaires sont également proéminentes à la face inférieure. Par contre, la réticulation du limbe est éparse. La face inférieure du limbe est glabre et la face supérieure peut être glabre ou pubescente. Dans l'inflorescence mâle, le pédoncule mesure en moyenne moins de 1 cm de long ; le rachis a un diamètre dépassant généralement 3,5 mm ; les fleurs y sont moins denses. La fleur mâle est composée de 1-2 étamines qui porte chacune 2 sacs polliniques déhiscent sur les côtés vers l'extérieur. Dans l'inflorescence femelle, la majorité des fleurs possèdent 4 stigmates. Les fruits sont des petites baies ovoïdes portées par des pédicelles droits glabres.

En ce qui concerne le morphotype 4 ou **M4**, le limbe foliaire est épais à base cordée dissymétrique avec un apex aigu. La réticulation est éparse et les nervures secondaires sont proéminentes sur les deux faces de la feuille lesquelles sont glabres. Dans l'inflorescence mâle, le pédoncule mesure en moyenne plus de 1 cm de long ; le rachis a un diamètre de 3,4 mm ; les fleurs sont éparées. La fleur mâle est composée de 1-2 étamines qui portent chacune 2 sacs polliniques à déhiscence longitudinale. Dans l'inflorescence femelle, la majorité des fleurs présente 3 stigmates. Les fruits sont de grosses baies ovoïdes avec des pédicelles droits glabres.

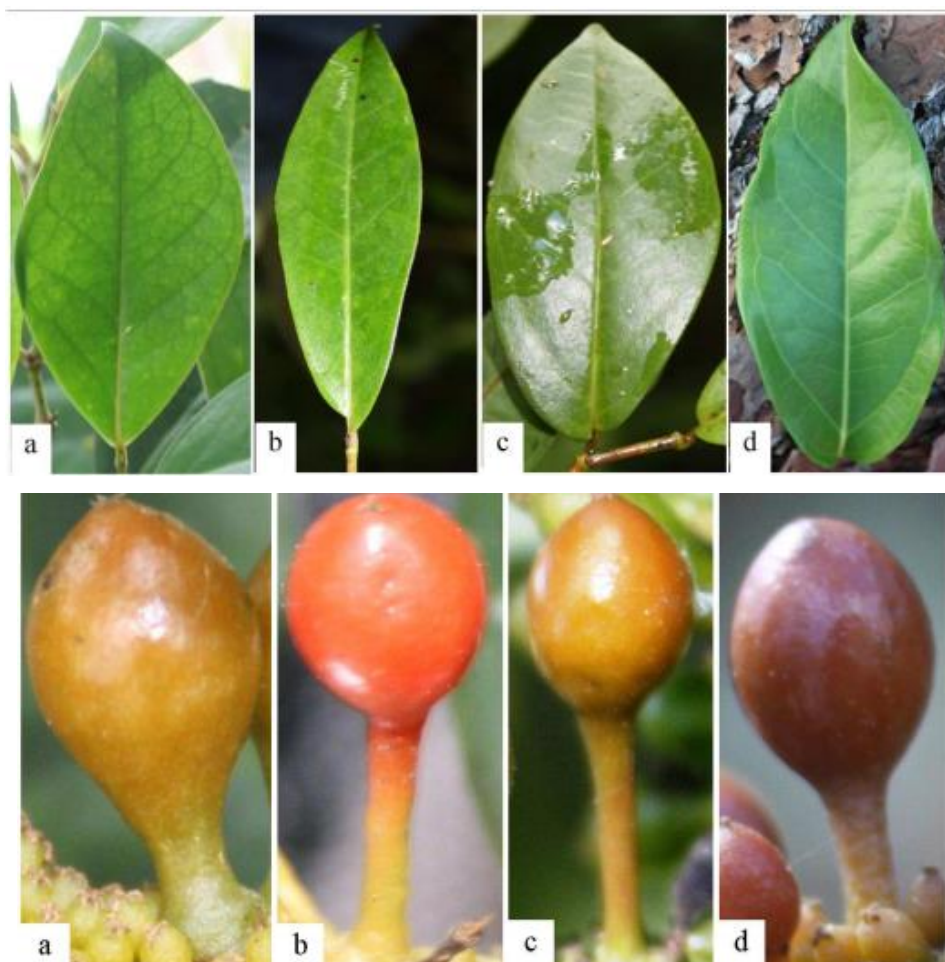




Photo 2 : Feuilles et fruits des différents morphotypes de Tsiperifery

Source : Razafimandimby, 2017

Seuls les morphotypes M2 et M3 qui sont les variétés les plus prisées sur le marché international qui sont présents à Anjozorobe (Razafimandimby, 2017).

Tableau 2 : Caractères d'indentification des deux morphotypes M2 et M3

M2	M3
<ul style="list-style-type: none"> • Petites baies globuleuses portées par des pédicelles droits glabres • Feuille à base oblique dissymétrique, apex aigu 	<ul style="list-style-type: none"> • Petites baies ovoïdes avec des pédicelles droits glabres. • Feuille épaisse à base cordée dissymétrique des deux côtés du pétiole, apex obtus
	

Source : Razafimandimby, 2017

2.2.2.4 Ecologie

L'espèce a un tempérament sciaphile édificatrice. La liane a besoin d'ombre pour se développer, puis pour éviter la lumière, arrivés à une certaine hauteur les individus adultes ont tendance à redescendre (Razafimandimby, 2011). Elle a besoin de l'ombre des autres arbres durant le stade recru, puis a besoin d'une certaine quantité de lumière et de chaleur pour croître en grande dimension (Kull *et al.*, 2005)

2.2.2.5 Phénologie

Les individus de *Tsiperifery* fleurissent annuellement, la période optimale de fructification est d'Octobre à Décembre (Razafimandimby *et al.*, 2017). 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).

2.2.2.6 Aire de distribution

Tsiperifery se rencontre dans la forêt dense humide orientale. Sa probabilité de présence est élevée dans la forêt humide d'altitude. Elle se rencontre surtout dans les bas-fonds et sont absentes sur les crêtes (Andrianoelisoa, 2013). Les aires de distributions sont surtout situées dans la partie orientale de l'île allant du Nord (Antsiranana) au Sud (Taolanaro) (Raherinjatovoarison, 2017) (Annexe 1).

2.2.2.7 Multiplication et domestication

La multiplication du poivrier ne se fait que par voie végétative, c'est à dire par bouturage. (Pham, 2007). Les premiers travaux ont démontré que le bouturage du *Tsiperifery* n'est pas impossible (Rafitoharson, 2015). Le bouturage se fait après passage dans une pépinière puis plantation sur les sites de production.

- Pépinière

Les boutures sont installées en pépinière, à l'abri du soleil, la préparation des boutures en pépinière consiste à utiliser des boutures courtes de trois, deux, voire un seul entre-nœud, traitées avec une hormone de croissance et mise à enraciner dans un milieu convenable.

- Plantation

Les boutures sont transplantées sur des tuteurs vivants. Dans la zone d'enrichissement ou de production. Attacher la liane au niveau de chaque nœud, mais en évitant de serrer exagérément. La croissance de la liane en hauteur doit être limitée pour éviter la dénudation de la base et aussi pour donner de la force à la tige (SFD/DVA, 1999).

2.2.3 Evaluation de la productivité

La productivité des poivres est obtenue à partir du rendement par liane (Maïdou, 2006), c'est-à-dire au poids des fruits récoltés par liane.

2.2.3.1 Selon la FAO en 2001

La mesure de la disponibilité du produit est généralement considérée comme l'évaluation du rendement. C'est la quantification de l'ensemble du produit qui peut être récolté dans une zone de la forêt. Alors qu'il existe de nombreuses manières de mesurer le rendement, le choix du plan d'échantillonnage pour la sélection des individus à mesurer est plus limité. L'utilisation d'un sous-échantillon contenant un petit nombre d'individus au sein de l'échantillon complet de l'inventaire est habituel car la mesure précise de rendement sur chaque individu de l'inventaire est un travail difficile. Il existe deux façons principales pour échantillonner des individus sur lesquels le rendement est mesuré.

- **L'échantillonnage double** : Il est réalisé séparément de l'inventaire principal et n'a pas besoin d'utiliser les placettes de l'inventaire principal. En utilisant un échantillon indépendant plus petit, des mesures détaillées de rendement sont prises sur des individus de la population. Les données issues de ces mesures sont alors traitées pour créer des modèles de rendement utilisant un indicateur facilement mesurable de la taille totale.

Les rendements pour chaque unité de surface peuvent alors être extrapolés à partir des mesures prises dans l'inventaire principal. L'échantillonnage double présente quelques contraintes :

- L'échantillonnage des individus mesurés doit être statistiquement correct ;
- L'échantillon mesuré doit avoir une variable prévisible en commun avec l'inventaire principal, c'est-à-dire au moins une des mesures prises doit l'être aussi dans l'inventaire principal (par exemple le diamètre des arbres ou la longueur des feuilles) ;
- Idéalement, le sous-échantillon pour le rendement doit couvrir la gamme complète des sites de l'inventaire principal, c'est-à-dire qu'il doit être représentatif de l'ensemble de la zone d'inventaire.

• **L'échantillonnage multi-étages** : Il est réalisé en marge de l'inventaire principal, mais utilise des sous-échantillons 'emboîtés' dans chaque placette d'inventaire, en créant une hiérarchie de placettes à l'intérieur des placettes. L'avantage de cette approche est que l'échantillon est également distribué à travers la zone d'étude, en faisant une estimation des rendements dans certaines parties de la zone. Une telle estimation spécifique par site peut être utile dans des zones où les conditions stationnelles influencent le rendement et où un sous-échantillon unique ne serait pas représentatif.

La mesure du rendement dans une zone sous-échantillon donne des résultats qui peuvent être appliqués aux données relatives aux densités de la population complète de l'inventaire principal, pour estimer un rendement total du produit sur la zone. Il existe plusieurs méthodes, utilisant des facteurs de conversion qui font le lien entre les rendements individuels et la quantité totale de produit (FAO, 2001).

Tableau 3 : Méthodes de mesure du rendement

Méthode	Description	Utilisation
Facteur unique de conversion	Multiplier le rendement moyen par individu par le nombre total d'individus évalués par l'inventaire. Les ajustements peuvent utiliser seulement des individus accessibles ou de taille commerciale, issus de l'inventaire	Quand la taille d'individus ne varie pas beaucoup ou n'est pas liée à la quantité de produit
Le rendement en fonction de la taille	Séparer les individus par classe de taille, et calculer un facteur de conversion pour chaque classe. Les ajustements de la méthode impliquent de relier, par des équations de régressions, le rendement à une autre caractéristique mesurable des individus.	Lorsque le rendement est fortement lié à la taille

Source : FAO, 2001

2.2.3.2 Selon Ilboudo en 2005

Les principaux paramètres mesurés pour estimer la production fruitière sont :

- Le potentiel de production, c'est-à-dire le nombre de lianes productives par unité de surface (densité),
- Le rendement qui se réfère à la quantité de fruits d'un individu qui est disponible et utile à un moment donné de la production.

L'auteur affirme que la méthode la plus simple pour calculer le rendement global est de séparer les individus par classe de taille d'un caractère morphologiquement mesurable et de fixer un facteur de conversion pour chaque classe.

2.3 Méthodes

2.3.1 Cartographie

Une cartographie de la zone d'étude a été établie avec le logiciel Arc Gis 10 avant la descente sur terrain. Elle a permis de se repérer lors de la descente et de déterminer à quel type de forêt correspond la zone d'inventaire. Pour cela, la base de données BD 500 a été utilisée, notamment les données sur l'occupation du sol et sur les limites administratives à Madagascar. Les coordonnées GPS des zones de collecte ont aussi été prélevées lors de la descente sur terrain, puis insérées sur la carte. Ces coordonnées ont permis de calculer la surface des zones de collecte de chaque association qui a été utilisée pour le calcul du stock disponible.

2.3.2 Inventaire

Les caractéristiques de la liane et de son habitat ont été collectés à l'aide d'inventaire. Il est à noter que les paramètres qui ont été considérés sont classés en deux catégories :

- Les paramètres endogènes qui sont les caractéristiques internes de l'espèce [...] dans les domaines de la régénération, de la démographie, de la biologie de la reproduction (Barbero, 1988).
- Les paramètres exogènes ou paramètres écologiques de l'habitat.

2.3.2.1 Taille de l'échantillon et dispositif d'échantillonnage

Brasseur (1991) propose une aire minimale de : 100 m² pour une pelouse, 100 à 400 m² pour une savane ou une jachère, 1000 m² pour une forêt claire et 1000 à 10 000 m² pour une forêt dense humide. L'aire minimale considérée dans le cadre de cette étude est de 10 000 m² (ou 1 ha) pour assurer la représentativité et la fiabilité des résultats compte tenu des études de Rabevohitra (1995) et de Rajoelison (1997), (0,9 ha par Rabevohitra en 1995 et 1,3 ha par Rajoelison en 1997). Et comme les paramètres à considérer peuvent varier suivant la toposéquence (bas-versant, mi-versant, haut-versant), 1 ha ou 10 000 m² par toposéquence a été considérée en tout. La taille des placeaux a été de 20 x 50 m (1000 m²).

Pour effectuer l'échantillonnage, une répartition classique (systématique ou aléatoire) des unités d'échantillonnage n'est pas très appropriée. En effet, une répartition aléatoire des unités d'échantillonnage peut aboutir à des unités qui ne contiennent aucun individu de l'espèce étudiée. L'échantillonnage est donc forcément un échantillonnage dit "raisonné". Un dispositif d'inventaire contient donc au moins un individu de l'espèce (Rafilipoarijaona, 2006).

22 placeaux ont alors été réalisés en tout avec 11 placeaux en bas-versant et 11 pour les mi-versants, étant donné qu'aucun individu n'a été observé sur les crêtes.

2.3.2.2 Présentation et description des paramètres endogènes

a) Morphotype

Il a été précisé lors de l'évaluation de la productivité s'il s'agit du morphotype 2 ou du morphotype 3.

b) **Diamètre et hauteur de la liane**

Le diamètre des lianes à 1m du sol a été mesuré et la hauteur des lianes considérée est leur niveau sur tuteur.

2.3.2.3 *Présentation et description des paramètres exogènes*

c) **Sex ratio**

Il s'agit du rapport entre le nombre d'individus mâles et femelles. La distance respective entre les individus de sexes différents a été aussi prise en compte.

d) **Caractéristiques des tuteurs**

Les différentes caractéristiques du support sur lequel la liane grimpe ont été prélevées.

- Le diamètre et la hauteur de l'arbre ont été mesurés.
- La forme du houppier : elle indique la qualité du houppier du tuteur. Le principe est basé sur celui de l'index PHF. Ainsi, la forme du houppier peut prendre les valeurs de 10 à 50 qui correspondent respectivement à la forme de la couronne qui est bien symétrique, médiocre ou dégradé ; la valeur 0 est attribuée à la couronne d'un arbre mort.
- La qualité de l'écorce : il a été noté s'il s'agit d'une écorce rugueuse ou lisse.

e) **Sol**

Trois paramètres ont été considérés pour l'appréciation du sol, (i) l'épaisseur de la litière et (ii) l'épaisseur de l'humus qui ont été obtenues en mesurant les deux couches après avoir creusé une petite fosse de 10-15 cm dans le sol. (iii) l'humidité du sol qui peut être très humide (TH) ou humide (H).

f) **Toposéquence**

Deux toposéquences ont été prises en compte sur les sites d'études, bas-versant (BV) et mi-versant (MV). Il a été précisé pour chaque placeau.

g) **Degré de recouvrement de la forêt**

Le recouvrement de la végétation se définit par la surface recouverte par les arbres par rapport à la surface totale de relevé, c'est-à-dire la surface mesurée par projection sur un plan horizontal (Emberger et *al.*, 1968). Cette projection donne l'estimation du pourcentage de recouvrement des cellules occupées par les parties végétales.

Le diagramme sera obtenu grâce à la méthode de relevé linéaire de Gautier (1994) qui sera imbriqué dans le dispositif principal. Cette méthode consiste à relever les individus végétaux présents dans un transect de 50 mètres de long selon le sens de la longueur et de la hauteur. Un échenilloir gradué a été déplacé tous les mètres le long du transect pour mesurer la hauteur des individus. Les individus dont une partie vivante est en contact avec l'échenilloir sont notés. Cette lecture se fait tous les 2 mètres de hauteur et tous les 1 m suivant la ligne de transect.

2.3.3 Estimation du rendement

Le rendement a été obtenu en pesant les fruits par liane. Le prélèvement de fruit a été effectué dans des sous-échantillons emboîtés dans chaque plateau d'inventaire. La taille optimale de l'échantillon est de 30 individus par toposéquence, mais compte tenu de l'insuffisance de pieds fructifères, seulement 15 pieds ont été évalués sur les bas-versants et 8 sur les mi-versants.

La collecte s'est opérée sur 3 rameaux par individus, ces rameaux ont été répartis selon la hauteur (un à la base, un au milieu, un au sommet), les fruits par rameau ont été pesés et le rendement de l'individu a été obtenu par la moyenne des trois résultats.

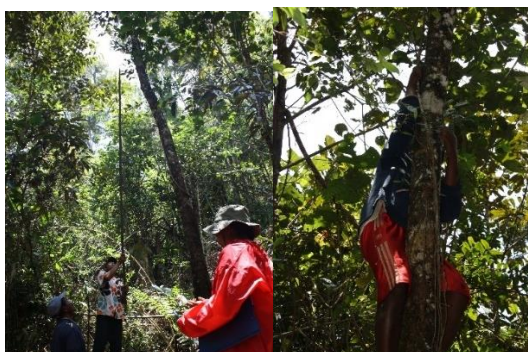


Photo 3 : Collecte des fruits



Photo 4 : Pesage des fruits

2.3.4 Paramètres à relever pour chaque opération

Tableau 4 : Paramètres à relever pour chaque opération

Opérations	Paramètres relevés
Inventaire	Nombre d'individus mâle Nombre d'individus femelle Distance des pieds femelles par rapport aux pieds mâles Diamètre des lianes mesurées à 1 m du sol Hauteur des lianes sur tuteur Nom vernaculaire des tuteurs DHP, hauteur, forme du houppier, qualité écorce des tuteurs Epaisseur de la litière et de l'humus Humidité du sol Toposéquence
Evaluation du rendement	Quantité de fruit sur trois rameaux (base, milieu, sommet) Nombre de rameau par pied
Relevé linéaire	Hauteur du point de contact Coordonnées de l'arbre

2.3.5 Traitement et analyse des données

2.3.5.1 *Evaluation du sex ratio*

Le sex ratio a été calculé à l'aide de la formule [nombre de mâles/ nombre de femelles] (Wilson et Hardy, 2002). Il est considéré par toposéquence et par versant.

2.3.5.2 *Evaluation du degré de recouvrement de la forêt*

Pour obtenir le recouvrement, le relevé linéaire a été transformé en histogramme qui correspond au mode de stratification de la formation par les espèces. Les intervalles de 1 m successifs ont été considérés comme strates si la différence de recouvrement est $\leq 10\%$. Le recouvrement d'une strate correspond à la moyenne des recouvrements des intervalles constitutifs de la strate. Le recouvrement global est la moyenne du recouvrement des strates. Dans cette étude, l'échelle de Godron et *al.* (1983) a été utilisée pour déterminer le recouvrement :

- Recouvrement global $> 90\%$: fermé
- Recouvrement global $75 - 90\%$: peu ouvert
- Recouvrement global $50 - 75\%$: semi-ouvert
- Recouvrement global $25 - 50\%$: ouvert
- Recouvrement global $< 25\%$: très ouvert

2.3.5.3 *Identification des relations entre le rendement par pied et les différentes variables*

Les analyses statistiques permettent de déterminer la relation entre le rendement par pied et les différentes variables. Pour cela différents tests ont été réalisés. L'ACM permet de considérer toutes les variables (quantitative et qualitative) en même temps, mais les résultats obtenus doivent faire objet de vérification via les tests statistiques dont le test de corrélation de Spearman, le test de Mann-Whitney ($k=2$) et le test de Kruskal-Wallis ($k>2$).

Etant donné que la taille des échantillons est inférieure à 30, des tests non paramétriques sont utilisés pour le traitement statistique des données.

L'ACM est utilisé pour étudier un ensemble d'individus à travers plusieurs variables qualitatives ou un mélange de variables qualitatives et de variables quantitatives codées. Chaque variable considérée possède des modalités (2 à 4 en général). Les données quantitatives ont été transformées en données qualitatives car l'ACM ne supporte pas les variables actives quantitatives.

- **Résultats et interprétations d'une ACM**

Pour l'interprétation des résultats, Escofier et Pages (2008) indiquent que les valeurs propres et les pourcentages d'inertie ont peu d'influence sur l'interprétation d'une ACM ainsi que les cosinus carrés. « La qualité des représentations des modalités est elle-même un indicateur peu pertinent. En effet, les modalités d'une même variable étant orthogonales, elles ne peuvent être simultanément bien représentées sur un axe ». Les résultats ont été interprétés en s'appuyant sur les coordonnées des modalités, les contributions des modalités et sur la contribution d'une variable à un axe factoriel.

Les résultats de l'ACM sont semblables à celles de l'ACP, sauf que les valeurs considérées correspondent aux modalités et non aux variables.

- Matrice de distance χ^2 : cette matrice (m x m) permet de dégager la structure des modalités, c'est à dire de mettre en évidence les relations qui existent entre elles (les modalités dépendantes et celles indépendantes).
- Valeurs propres λ_i ;
- (3) Contributions aux valeurs propres et Coordonnées des modalités ;
- (4) Qualités de représentation des modalités et/ou des individus ($\cos^2\alpha$) ;
- (4) Contributions et coordonnées des individus

Sur les graphiques sera interprétée la proximité entre individus en termes de ressemblance, entre modalités de variables différentes en termes d'association, et entre modalités d'une même variable en termes de ressemblance.

Dans cette étude, il s'agit de repérer les modalités associées aux différentes classes de la production ou du rendement par pied. Les étapes suivantes sont suivies pour les repérer :

- Les axes associés aux différentes modalités de la production sont repérés (contributions de la modalité à l'axe > moyenne des contributions) et leurs coordonnées sont retenues ;
- Les autres variables associées aux mêmes axes ont été regroupées et classées selon leurs coordonnées aussi ;
- Les variables associées à la productivité expliquent le même axe qu'elle et leurs coordonnées sont voisines.

Tableau 5 : Transformation des données quantitatives pour l'ACM

Variables	Classe	Code	Variables	Classe	Code	
Degré de recouvrement	[0-50[	ouvert	Production	[0-400[	faible	1
	[50-75 [	assez ouvert		[400-800[	moyenne	2
	[75-100[	fermé		[800 et plus[	élevée	3
Altitude	[0-1300[	faible	Diamètre tuteur	[0 à 10[	petit	1
	[1300 et plus[	élevée		[10 à 25[	moyen	2
Forme du houppier	1, 2, 3	bonne		[25 et plus[	grand	3
	4,5,0	dégradée	Hauteur tuteur	[0 à 10[	courte	1
Diamètre liane	[0-3[	petit		[10 à 15[	élevée	2
	[3 et plus[	grand		[15 et plus[	très élevée	3
Hauteur liane	[0 à 6[	courte				
	[6 et plus[	élevée				

2.3.5.4 *Vérification de la significativité et de l'intensité des relations entre les différentes variables*

- **Evaluation des corrélations entre les variables quantitatives et le rendement**

Le test de corrélation de Spearman ($\alpha=0,05$) a été utilisé pour mesurer le degré de dépendance entre deux variables quantitatives X et Y. Il est utilisé lorsque les données ne suivent pas la loi normale ou lorsque la taille de l'échantillon est inférieure à 30 individus. Les corrélations entre le rendement par pied avec les variables suivantes ont été calculées :

- La taille de la liane : diamètre, hauteur
- La taille des tuteurs : diamètre, hauteur
- L'altitude
- Le degré de recouvrement
- L'épaisseur de la litière
- L'épaisseur de l'humus

- **Evaluation des corrélations entre les variables qualitatives et le rendement**

La caractérisation d'une variable quantitative par des variables qualitatives s'effectue par l'intermédiaire du rapport de corrélation. Il consiste à tester pour chaque variable qualitative (à k modalités), si celui-ci est significativement différent de 0 via le test de Student ($k=2$) / Fisher ($k>2$) (paramétrique) ou Wilcoxon-Mann Whitney ($k=2$) / Kruskal-Wallis ($k>2$) (non paramétrique). Plus le rapport de corrélation est significativement différent de 0, plus les deux variables (quantitative à caractériser et qualitative caractérisant) sont liées. Ainsi, il est utilisé afin de vérifier s'il existe une différence significative entre le rendement par pied pour les bas-versants et les mi-versants, pour les différentes modalités d'humidité, d'écorce des tuteurs, de morphotype et de forme de houppier. Les tests U de Mann-Whitney et de Kruskal-Wallis ont été utilisés au seuil 0,05.

2.3.5.5 *Evaluation de la densité et modèle d'estimation de la production totale*

La densité des lianes sera obtenue à partir de la formule de l'abondance qui est égale au nombre d'espèces inventoriées/superficie (N/ha).

L'estimation de la production totale est effectuée en fonction des résultats des analyses précédentes :

- Quand la taille des individus ne varie pas beaucoup ou n'est pas liée à la quantité de fruit : multiplier le rendement moyen par individu par le nombre total d'individus évalués par l'inventaire. Les ajustements peuvent utiliser seulement des individus accessibles ou de taille commerciale, issus de l'inventaire.
- Lorsque le rendement par pied est fortement lié à la taille : relier par des équations de régressions le rendement aux caractéristiques des individus

Ainsi, si le rendement est corrélé à la taille des individus, un modèle de régression prenant en compte les variables liés sera établi.

- **Interprétation des régressions**

Le coefficient R^2 est le coefficient de détermination obtenu en régression.

Il informe sur la part de la variation expliquée par le modèle, il représente la part de la variance entre les valeurs prédites et les valeurs de référence. Un modèle est meilleur s'il a un R^2 élevé. Une échelle de valeurs de R^2 établie par Lebot (2009) a été utilisée pour l'appréciation des modèles :

- Il est faible si sa valeur est inférieure à 0,66
- Moyen entre 0,66 et 0,81 : le modèle correspondant peut juste être utilisé pour des prédictions approximatives
- Bon si c'est entre 0,82 et 0,90 : le modèle correspondant peut être utilisé de manière appropriée pour des prédictions
- Elevé si c'est entre 0,91 et 0,96 : le modèle peut être utilisé pour des analyses de contrôle qualité
- Très élevé à partir de 0,97 : le modèle peut donc être utilisé convenablement dans tous types d'application

2.4 Limites de la méthodologie

Plusieurs limites ont été rencontrées lors de la phase de collecte de données et de traitement.

- Insuffisance de données

Les données obtenues pour l'évaluation de la productivité n'ont pas été suffisantes. En effet, si la taille de l'échantillon prévue a été de 30 individus par toposéquence, seulement 15 pieds fructifères ont été récoltés sur les bas-versants et 8 sur les mi-versants. 15 autres pieds femelles ont été inventoriés mais n'ont pas pu être considérés lors de la collecte car le nombre de graine a été très faible voire une seule grappe sur l'individu. Le retard de la descente sur terrain due à l'épidémie de peste est la cause de cette insuffisance de données, en effet, la plupart des fruits ont pourris et sont tombés et certains ont déjà été collectés. De plus, les collecteurs n'attendent pas la maturation complète des fruits, ils les cueillent dès le début du pic de maturation, vers Septembre-Octobre. Et sur un même site, les fruits ne mûrissent pas tous en même temps, ainsi, à notre arrivée certains fruits ont pourri et sont tombés et certains ont déjà été collectés. Pour y remédier, des tests non paramétriques ont été utilisés pour le traitement des données.

- Difficulté de la distinction mâle/femelle

Comme mentionnée précédemment, peu de fruits ont été observés sur place, or en l'absence des fruits et des fleurs, il est impossible d'identifier les femelles. En l'absence de fleurs et après la chute des fruits, les femelles n'ont pas pu être différenciées des mâles. En effet, les périodes de floraison et de fructification chez le *Tsiperifery* s'étalent toute l'année. Mais c'est la quantité d'inflorescences ou d'infrutescences qui varie. Un pic correspond aux périodes où une phénopase est observée en grande quantité sur un individu. Et pour les individus M2 et M3, les premiers pics des phénopases de la floraison (boutons floraux et fleurs épanouies) des individus femelles sont observés au mois de Septembre. Viennent ensuite les premiers pics de phénopases de la fructification entre Octobre et Janvier. Or, les cueilleurs n'attendent pas le pic de maturation pour la collecte des fruits. Nombreux individus qui ont été classés parmi les mâles lors de l'inventaire peuvent donc être des femelles, ce qui peut fausser les données pour l'évaluation de la productivité à l'hectare.

2.5 Cadre opératoire

Hypothèses	Indicateurs	Méthodologie	Résultats attendus
H1 : La productivité des lianes dépend de la taille de la liane	I1 : Poids des fruits obtenus par liane I2 : Diamètre des lianes I3 : Hauteur sur tuteur des lianes	Inventaire Collecte puis pesage des fruits sur trois rameaux pour chaque liane fructifère Test de corrélation de Spearman Test de Mann-Whitney ACM	Détermination du facteur prépondérant pour l'évaluation de la productivité effectuée. Evaluation des relations entre le rendement par pied et la taille (diamètre-hauteur) des lianes réalisée.
H2 : Le rendement par pied varie suivant le morphotype de la liane	I4 : morphotype des fruits sur chaque liane I1 : Poids des fruits obtenus par liane	Inventaire Collecte puis pesage des fruits sur trois rameaux pour chaque liane fructifère Relevé linéaire Test de corrélation de Spearman Test de Mann-Whitney	Analyse des relations entre le rendement par pied et les morphotypes effectuée
H3 : La productivité du <i>Tsipifery</i> est influencée par les caractéristiques du tuteur	I5 : diamètre des tuteurs I6 : hauteur des tuteurs I7 : qualité de l'écorce des tuteurs I8 : état du houppier des tuteurs	Inventaire Collecte puis pesage des fruits sur trois rameaux pour chaque liane fructifère Test de Kruskal Wallis	Détermination des relations entre taille des tuteurs et rendement par pied accomplie.

3 RESULTATS

3.1 Situation de la population de *Tsiperifery*

3.1.1 Structure de la population

En total, 187 individus de *Tsiperifery* ont été rencontrés dans la zone d'étude. Dont 121 sur les bas-versants et 66 sur les mi-versants. Le diamètre des lianes varie de 0,5 à 15 cm et la hauteur de 1,5 à 17 m. 95,72% de la population possède un diamètre inférieur à 2,5 cm, ce qui indique une population jeune, ou récente. Cela résulte de la pression qui s'exerce sur la ressource.

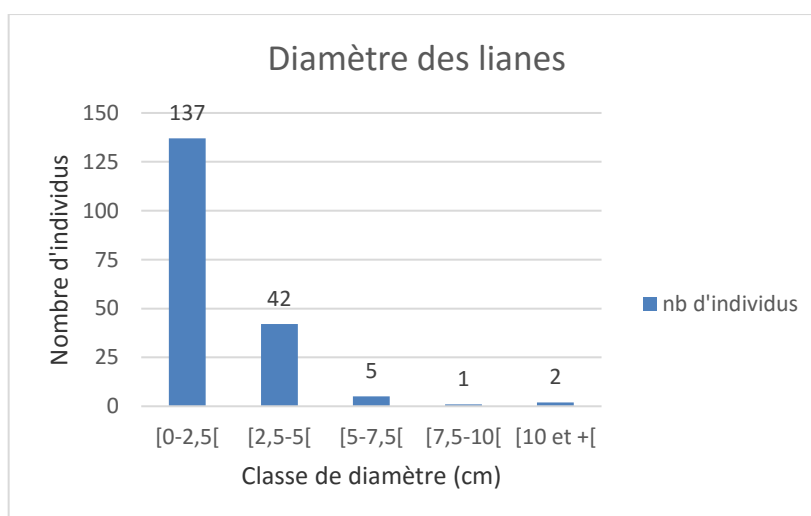


Figure 1 : Répartition des individus par classe de diamètre

3.1.2 Sex ratio

Pour l'ensemble de la zone d'étude, la population est composée de 4 mâles pour une femelle. Il en est de même à l'échelle toposéquence.

Tableau 6 : Composition mâle-femelle de la population suivant la toposéquence

	F	M	Total	Densité (à l'ha)	sex ratio
BV	25	96	121	110	4
MV	13	53	66	60	4
Total	38	149	187	336	4

Toutefois, la composition mâle-femelle varie d'un versant à un autre. Le nombre de mâle est très élevé par rapport au nombre de femelle à Ambongamarina et Ambohibary. Cette dominance mâle peut être la conséquence d'une forte pression sur les femelles (abattage, arrachage des lianes) pour la récolte des fruits.

Tableau 7 : Composition mâle-femelle suivant les versants

Site	Association	M	F	sex ratio
Ambohibary	Fivoarana	16	2	8
Ambohimahatsinjo	Sahatsinjo	12	5	2
Ambohiamaramanana	Ravakiniala	11	2	5
Ambongamarina	Tsirinala	6	1	6
Ambongamarina	VOI Rianala	10	1	10
Andreba	Hanitrinala	18	3	6
Anjozorovola	Tsinjovola	6	7	1
Ankerambe	VOI FIAM	11	6	2
Anorana	Tsinjo	52	9	6
Antobitsihanaka	Imaitsoanala	7	2	3

3.1.3 Tuteurs associés à l'espèce

Les espèces tutrices sont composées de 43 espèces réparties dans 30 familles. Les espèces les plus fréquentes sont *Dombeya laurifolia* (Hafotra), *Syzygium phillyreaefolia* (Masaizano), *Cryptocarya acuminata* (Tavolo) et *Tambourissa purpurea* (Ambora). Ces espèces ont des écorces épaisses, rugueuses, retenant l'humidité (présence de mousse), elles sont favorables aux racines crampons du *Tsiperifery*.

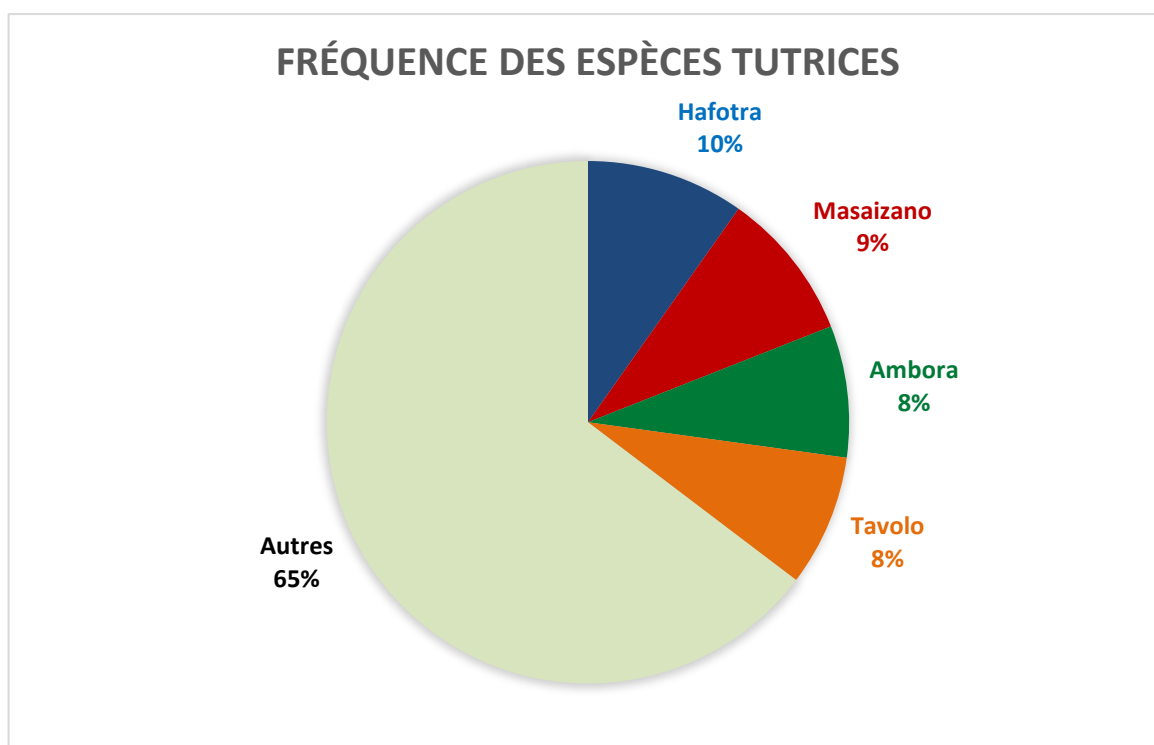


Figure 2 : Espèces tutrices les plus fréquentes du *Tsiperifery*

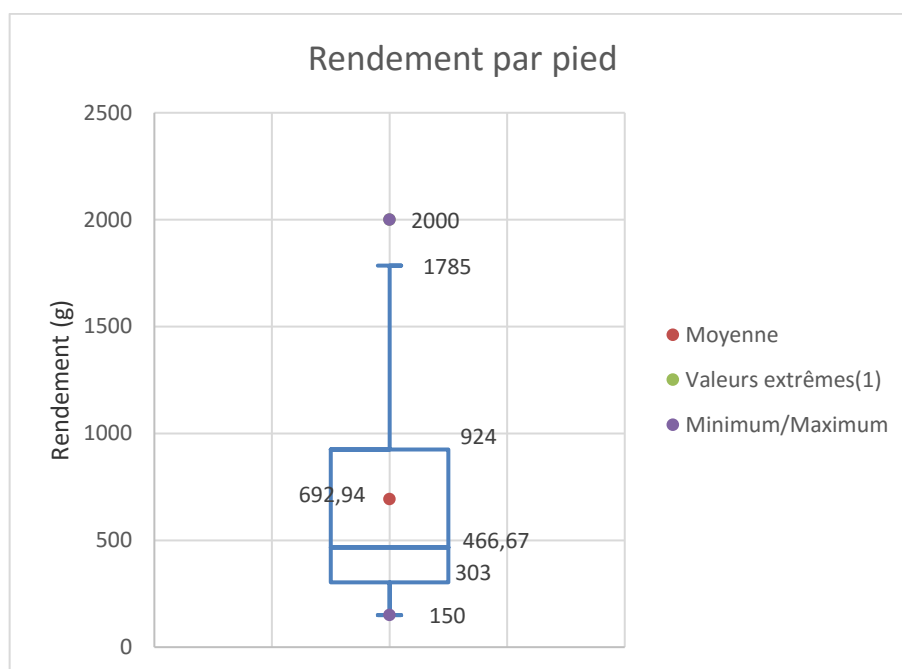
Les familles les plus fréquentes sont celles des Myrtaceae (12,94%) représentées par 3 espèces et des Malvaceae (11,76%) représentées par 2 espèces.

Tableau 8 : Familles les plus fréquentes

Famille	Nombre	%
MYRTACEAE	22	12,94
MALVACEAE	20	11,76
LAURACEAE	15	8,82
MONIMIACEAE	15	8,82
SAPOTACEAE	13	7,65
ASPARAGACEAE	11	6,47
CYATHEACEAE	8	4,71
MYRSINACEAE	7	4,12
Total	111	65,29

3.1.4 Rendement par pied

Le rendement moyen est de 692,94 g. 50% des pieds fructifères ont un rendement inférieur à 466,67 g, dont 25% au-dessous de 303 g et 25% au-dessus de 924 g. Une liane fait exception par rapport aux autres, en effet, son rendement est de 2000 g, cela est due au fait que son diamètre est très grand (15 cm) par rapport aux autres lianes rencontrées.

**Figure 3 : Caractéristiques du rendement par pied**

3.1.5 Densité globale

La densité globale du *Tsiperifery* est de 170 tiges/ha, dont 165 tiges/ha pour les mâles et 35 tiges/ha pour les femelles.

3.1.6 Répartition suivant la toposéquence

3.1.6.1 Densité

La densité du *Tsiperifery* est de 110 tiges à l'hectare pour les bas-versants et 60 tiges à l'hectare pour les mi-versants. Les bas-versants sont plus favorables à la germination et à la croissance des jeunes plants car le sol y est plus humide et la canopée plus ferme.

Tableau 9 : Densité du *Tsiperifery*

	Mâle	Femelle	Total
Bas-versants	87 tiges/ha	23 tiges/ha	110 tiges/ha
Mi-versants	48 tiges/ha	12 tiges/ha	60 tiges/ha

3.1.6.2 Rendement par pied

En général, le rendement par pied au niveau des bas-versants est différent de celui des mi-versants. Au niveau de la moyenne, le rendement des bas-versants est plus élevé (780,16 g contre 529,42 g pour les mi-versants). Mais cette différence n'est pas significative selon le test U de Mann Whitney (p-value= 0,5185, $\alpha = 0,05$). La toposéquence n'a pas d'influence sur le rendement par pied. Il n'est pas nécessaire de séparer les données par toposéquence pour les traitements ultérieurs.

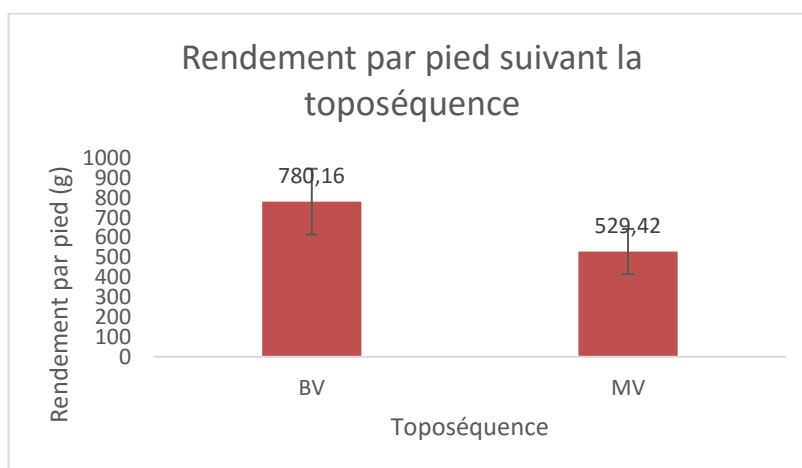


Figure 4 : Rendement par pied suivant la toposéquence

3.2 Influences des facteurs sur le rendement par pied

3.2.1 Identification des variables influençant le rendement par pied

La relation entre les différentes modalités de toutes les variables et du rendement par pied a été déterminée par l'ACM, après analyse (i) des contributions de chaque variable aux axes factoriels et (ii) de leurs coordonnées sur l'axe. Comme l'étude se focalise sur le rendement par pied, l'analyse des variables est effectuée suivant les différentes modalités de la production.

Les cinq premiers axes contribuent à l'explication de 79,5% des informations. Mais les axes qui vont servir à la détermination des variables associées aux modalités de la production (prod-faible, prod-moyen, prod-élevée) sont les axes factoriels F1, F2 et F3 qui regroupent 78,5% des informations.

La production faible sera expliquée à partir des axes F1 et F3, la production moyenne avec F3 et la production élevée avec les axes F1 et F2.

Tableau 10 : Axes expliqués par les modalités du rendement par pied et leurs coordonnées

	Poids	Poids (relatif)	Contributions des variables			Coordonnées des variables		
			F1	F2	F3	F1	F2	F3
Prod-élevée	7	0,023	0,098	0,048	0,003	1,129	0,679	-0,158
Prod-faible	9	0,030	0,048	0,032	0,072	-0,699	-0,490	-0,676
Prod-moyenne	7	0,023	0,004	0,000	0,129	-0,230	-0,049	1,027
Moyenne des contributions			0,034	0,034	0,034			

Les modalités qui leur sont associées ont des coordonnées proches et contribuent significativement à l'explication du même axe (cf Annexe 5).

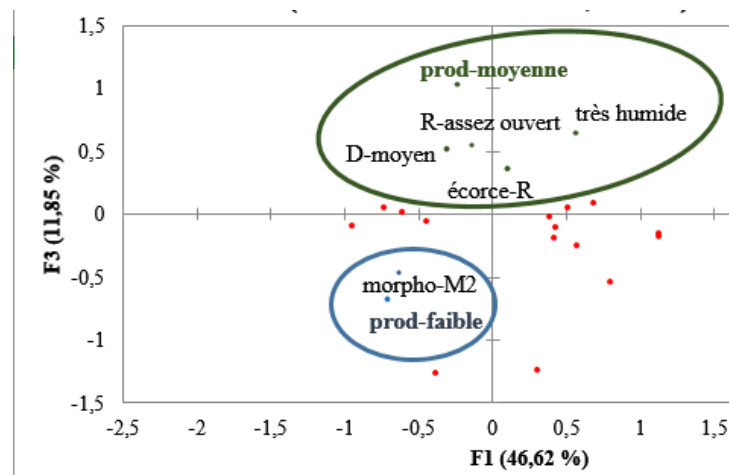


Figure 5 : Résultats de l'ACM pour Prod-faible et Prod-moyenne

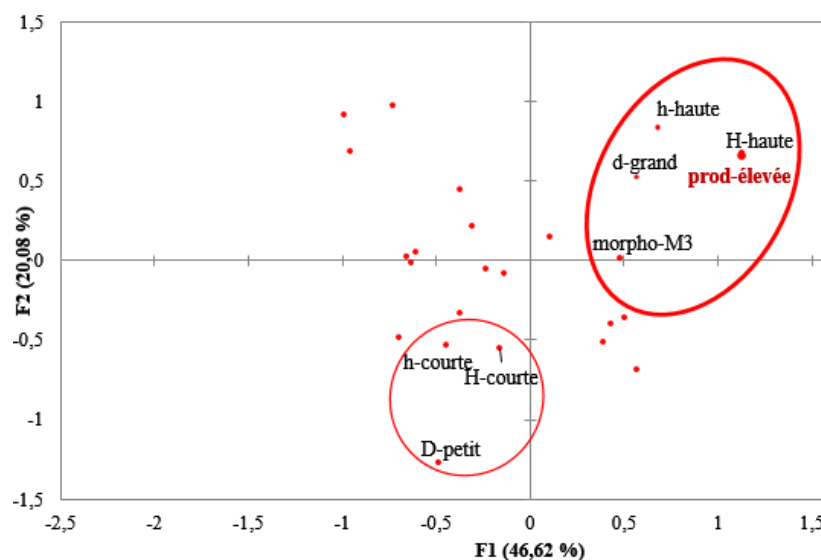


Figure 6 : Résultats de l'ACM pour Prod-élevée

Après avoir considéré les axes auxquels les rendements sont liés et les coordonnées de chaque variable contribuant à l'explication de ces axes, les caractéristiques associées à chaque modalité de la production sont obtenues. Elles sont classées suivant leur ordre de prépondérance sur la production.

Tableau 11 : Variables associées à chaque modalité de la production

Production	Faible	Moyenne	Élevée
Caractéristiques associées	Morphotype M2	Sol très humide	Tuteur à hauteur élevée (plus de 15m)
		Recouvrement assez ouvert	Liane à hauteur élevée (plus de 6m)
		Tuteur diamètre moyen (10-25 cm)	Liane de grand diamètre (plus de 3cm)
		Tuteur à écorce rugueuse	Morphotype M3

Les variables qui ont des influences sur la production sont : le morphotype de la liane, l'humidité du sol, le recouvrement de la forêt, la taille (diamètre, hauteur) et l'écorce du tuteur, la taille de la liane (diamètre, hauteur).

- Les lianes de morphotypes M2 ont une production faible (< 400 g) tandis que les lianes des morphotypes M3 ont une production élevée (> 800 g).
- La production est élevée pour les lianes de plus de 6 m de hauteur et au diamètre supérieure à 3 cm. Et ces lianes sont associées à des tuteurs élevés de plus de 15 m de hauteur, contrairement aux courtes lianes (hauteur < 6 m) qui se développent sur les petits tuteurs (diamètre < 10 cm, hauteur <10 m).

L'ordre de prépondérance peut être conclue avec les variables à considérer pour la modalité « élevée », selon laquelle l'ordre est : hauteur du tuteur, hauteur liane, diamètre liane et enfin morphotype.

L'ACM a permis de ressortir les relations probables entre tous les facteurs et le rendement par pied de manière globale, mais la pertinence de chaque relation doit être vérifiée avec des tests statistiques, en les considérant un à un. Les tests sont différents suivant la nature de la variable, un test de corrélation de Spearman pour les variables quantitatives et un test de Mann Whitney et de Kruskal Wallis pour les variables qualitatives.

3.2.2 Vérification de la significativité des relations

3.2.2.1 Variables quantitatives et rendement par pied

Pour les variables quantitatives, seules la taille des lianes (diamètre, hauteur) et la taille des espèces tutrices (diamètre, hauteur) ont des influences sur le rendement par pied (p -value < α).

- La hauteur sur tuteur de la liane est la plus corrélée avec le rendement par pied ($r = 0,802$).
- Ensuite vient le diamètre de la liane ($r = 0,6417$).

- Le diamètre et la hauteur du tuteur présentent tous deux une corrélation positive moyenne avec le rendement par pied ($r = 0,4325$ et $r = 0,4663$).

Le rendement par pied varie fortement avec la hauteur de la liane, cela peut s'expliquer à travers la morphologie de la liane, en effet, le nombre de rameau augmente avec la hauteur, cela peut aussi être due au fait que la fructification du *Tsipery* nécessite de la lumière, donc plus la liane est élevée plus elle a accès à la lumière.

La montée en hauteur de la liane dépend de la hauteur du tuteur, ce qui explique la corrélation moyenne de la hauteur du tuteur avec le rendement de la liane.

Et la hauteur et le diamètre d'un arbre sont corrélés d'où la relation entre le rendement et le diamètre du tuteur.

La relation entre le diamètre de la liane et le rendement quant à elle s'explique par l'âge de la liane. En effet, pour sa première fructification la liane produit peu, et cela augmente d'années en années. Plus la liane gagne en diamètre, plus sa production augmente.

Tableau 12 : Corrélation entre rendement par pied et variables quantitatives

Facteurs	Corrélation	p-value	Relation
Diamètre de la liane	0,6417	0,0006	Corrélation positive moyenne
Hauteur de la liane	0,802	< 0,0001	Forte corrélation positive
Epaisseur de la litière	-0,0802	0,7156	Non significative
Epaisseur de l'humus	-0,2625	0,2253	Non significative
Diamètre du tuteur	0,4625	0,0273	Corrélation positive moyenne
Hauteur du tuteur	0,4663	0,0260	Corrélation positive moyenne
Altitude	-0,2302	0,2892	Non significative

3.2.2.2 Variables qualitatives et rendement par pied

Pour les variables qualitatives, les tests de Mann Whitney ($k=2$) et de Kruskal-Wallis ($k>2$) ont été utilisés, plus la p-value est inférieure à α , plus la variable est liée avec le rendement par pied. Seuls les différents morphotypes des lianes présentent une différence significative pour le rendement par liane.

Tableau 13 : Relations rendement par pied – variables qualitatives

Facteurs	p-value	Relation
Ecorce du tuteur	0,6022	Pas de relation
Humidité	0,8281	Pas de relation
Morphotype des fruits	0,0048	Relation forte
Recouvrement	0,3179	Pas de relation
Recouvrement du houppier du tuteur	0,9423	Pas de relation

- **Morphotype et rendement par pied**

En moyenne, le rendement par pied pour les morphotypes M2 est faible (377,96 g) par rapport à celui de M3 (935,23 g) avec une différence significative d'après le test U ($p\text{-value} = 0,0048$).

En effet, le poids moyen des grappes a donné 5,3 g pour M3 et 4,06 g pour M2 (p-value = 0,02). Le nombre de graines par grappe varie aussi suivant le morphotype, respectivement 63 pour M2 contre 82 pour M3 (p-value = 0,03).

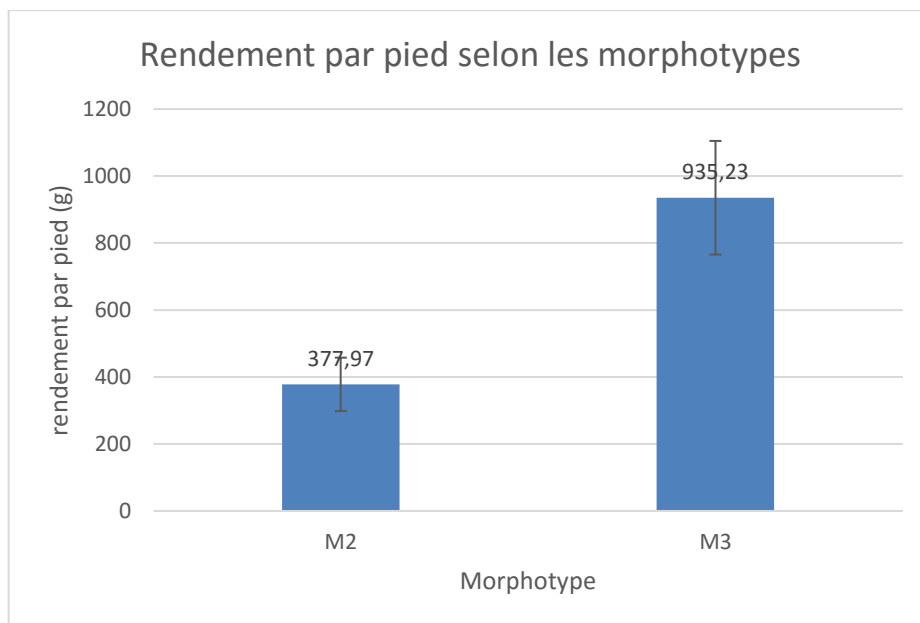


Figure 7 : Rendement par pied suivant le morphotype

Les facteurs influençant le rendement par pied sont donc :

- Facteurs endogènes avec les variables : hauteur, diamètre, morphotype des lianes
- Facteurs exogènes avec les variables hauteur et diamètre des tuteurs

3.3 Modèle d'estimation de la production totale

3.3.1 Potentiel de production

Le potentiel de production est le nombre de femelles productives par hectare. Il est de 35 tiges par hectare pour la zone d'étude.

Tableau 14 : Potentiel de production

Toposéquence	Densité
BV	23 tiges/ha
MV	12 tiges/ha
Total	35 tiges/ha

3.3.2 Modèle d'estimation de la production totale

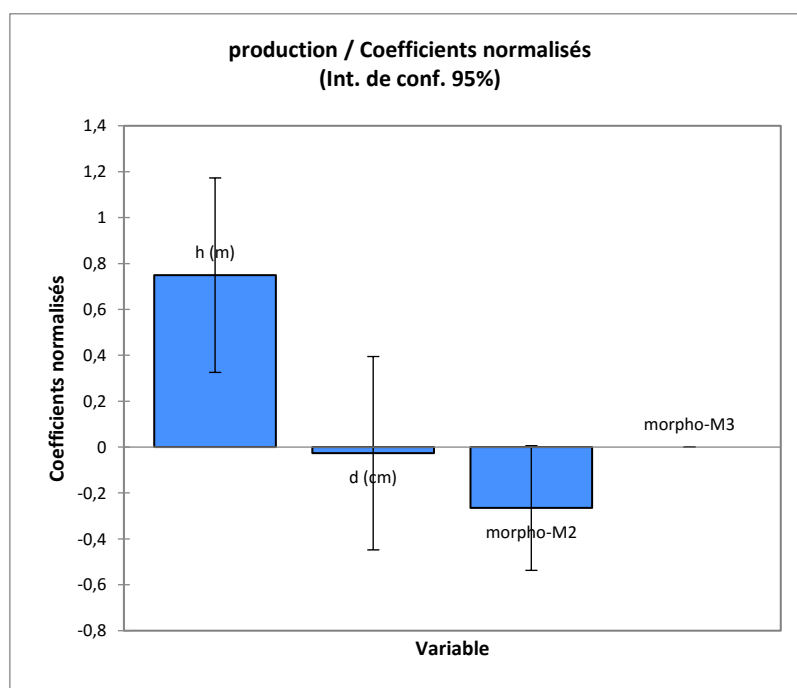
Selon les résultats précédents, les variables les plus liées au rendement par pied sont (i) la hauteur de la liane, (ii) le diamètre de la liane, et (iii) le morphotype.

Différents modèles permettant de calculer la production totale peuvent alors être obtenus en se basant sur ces variables.

Tableau 15 : Significativité de chaque modèle selon les variables considérées

Variabes	R ²	Pr > F
Hauteur	0,640	< 0,0001
Diamètre	0,393	0,001
Morphotype	0,213	0,027
Diamètre et hauteur	0,640	< 0,0001
Hauteur et morphotype	0,704	< 0,0001
Diamètre et morphotype	0,492	0,001
Hauteur, diamètre, morphotype	0,705	< 0,0001

Le modèle le plus adapté, avec un coefficient de détermination de 0,705, est celui qui considère la hauteur de la liane, son diamètre et le morphotype, car effectivement, le rendement varie en fonction des morphotypes. D'après l'échelle de Lebot (2009), le modèle est moyen, il peut juste être utilisé de manière appropriée pour des prédictions approximatives.

**Figure 8 : Coefficients normalisés des variables**

L'équation du modèle est :

$$\text{Production} = -7,68946 + 127,35226 * h \text{ (m)} - 5,06256 * d \text{ (cm)} - 296,25994 * \text{morpho-M2}$$

h : hauteur : **d** : diamètre : **morphoM2** : Morphotype M2

La production des morphotypes M2 sera diminuée de 296 g. En effet, leur rendement est inférieur à ceux du morphotype M3.

4 DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS

4.1 Discussion sur la méthodologie

4.1.1 Méthode d'inventaire

L'inventaire a été réalisé sur 1,1 ha par toposéquence afin de respecter l'aire minimale établie qui a été de 1 ha. Cette aire minimale de 1 ha a aussi été utilisée par plusieurs auteurs (Razafimandimby en 2011 et Rakotondrasoana en 2012) dans le cadre d'inventaire d'une seule espèce. L'inventaire a été effectué dans des placeaux de 20 m x 50 m. Ce dispositif est le même utilisé par Razafimandimby (2011) pour étudier l'écologie du *Tsiperifery* à Tsiacompaniry.

4.1.2 Estimation du rendement

Le rendement par pied a été obtenu en multipliant le poids moyen des fruits par rameau par le nombre total de rameau. Cette méthode est semblable aux méthodes d'évaluation de la production fruitière d'un arbre adoptées par Kouyate *et al.* (2016) et par Sanogo *et al.* (2015). Il s'agit du comptage par extrapolation, où le nombre de fruit est extrapolé au nombre total de branches fructifères pour estimer le nombre de fruits d'un arbre. Pour les arbres, le rendement par pied est estimé par le biais du nombre de fruit par arbre car la taille des fruits est considérable (fruits de Baobab) par rapport aux fruits du *Tsiperifery*, d'où la considération du poids des fruits pour notre étude. Pour ces études, les auteurs ont souligné l'importance de réaliser l'étude sur une période de 3 à 5 ans car la production de fruits par individus varie d'une année à une autre.

Ensuite l'utilisation des équations de régression pour prédire la production de fruits a déjà été utilisée par quelques auteurs, notamment pour la prédiction du potentiel de production des baobabs à partir des données morphométriques de l'arbre. L'auteur affirme que les équations de régression établies constituent des outils performants qui peuvent être utilisés par les techniciens forestiers pour évaluer la production des formations naturelles et des parcs agroforestiers, voire la productivité des individus dans le cadre d'une domestication (Sanogo *et al.*, 2015).

4.1.3 Taille d'échantillon requise

La limite méthodologique rencontrée est l'insuffisance des données obtenues, en effet, le nombre d'individus choisis pour le comptage des fruits doit être ≥ 30 pour tenir compte de l'irrégularité de fructification de la plupart des arbres tropicaux d'une part, et dans un souci de représentativité statistique de l'échantillon d'autre part (FAO, 2001).

4.1.4 Tests non paramétriques

Pour surmonter l'insuffisance de données, des tests non paramétriques ont été utilisés pour les traitements statistiques. Et ces tests sont théoriquement moins puissants que les tests paramétriques. Les études ont montré que l'exactitude des tests non paramétriques sur des grands échantillons n'est que légèrement inférieure à celle des tests paramétriques. Mais les tests non paramétriques sont beaucoup plus exacts sur des petits échantillons (Dantan, 2013).

4.2 Discussion sur les résultats

4.2.1 Rendement par pied

Le rendement par pied observé est de 692,9 g, ce qui est très faible par rapport aux résultats des recherches antérieures qui ont trouvé un rendement allant de 1 à 25 kg de grappes fructifères par liane adulte, avec une moyenne de 5 kg par liane (Razafimandimby, 2011 ; Levesque, 2012). Et selon Touati (2012), la quantité de *Tsiperifery* disponible sur les lianes est généralement comprise dans une fourchette allant de 0,5 à 25 kg, la moyenne s'étalant de 3 à 8 kg par liane.

Ces résultats ont été obtenus par le biais des enquêtes réalisés auprès des cueilleurs, il y a 7 et 6 ans. D'ailleurs l'auteur a précisé que l'obtention de données fiables concernant les données quantitatives a été difficile. Et puis, la méthode usuelle de récolte consistait à abattre les tuteurs en sélectionnant les lianes. La sélection et la destruction des plus gros fructifères affectent la production sur le long terme. Les fructifères les moins productifs étant délaissés, ce sont ceux ayant le plus de chances de se régénérer qui sont abattus. Au cours du temps la population de *Tsiperifery* risque donc d'être dominée par des individus moins productifs. Cet effet, peu perceptible à court terme, provoque un effet d'écroulement des lignées au plus fort potentiel génétique lors des campagnes de récolte, et peut à terme modifier la composition génétique des populations (Touati, 2012).

Les individus ayant fait objet de l'inventaire actuel sont ceux qui ont survécu à ces 6 années d'exploitation anarchique et pourraient déjà être une nouvelle génération de liane. D'ailleurs il a été remarqué que la population est encore très jeune. Or, la production augmente avec la maturité. La majorité des lianes inventoriées n'en sont peut-être qu'à la première année de leur production. Ce fait a aussi été remarqué chez *Piper nigrum*, une espèce voisine du *Tsiperifery*. Son rendement varie fortement au cours de la vie des lianes : en plantation intensive, une liane de 3 ans donne 1 à 2 kg de poivre frais, entre 4 à 7 ans, le rendement croît progressivement de 3 à 10 kg pour décroître ensuite jusqu'à 2 à 2,5 kg, lorsque la liane a 15 ans : l'âge auquel il est nécessaire de renouveler la plantation (SFD/DVA ; Robert, 2011).

4.2.2 Evaluation du stock total

A travers les résultats, cette étude met à disposition des chercheurs un moyen d'estimer plus rapidement le stock de *Tsiperifery* pour une zone déterminée. Il s'agit de prédire la production d'une liane de *Tsiperifery* grâce aux caractéristiques de la liane. Ainsi, grâce au modèle établi, la production des lianes dont les fruits n'ont pas pu être pesés peuvent à présent être calculée grâce à l'équation du modèle : production = $-7,68946 + 127,35226 * h \text{ (m)} - 5,06256 * d \text{ (cm)} - 296,25994 * \text{morpho} - M2$.

h : hauteur : d : diamètre : morphoM2 : Morphotype M2

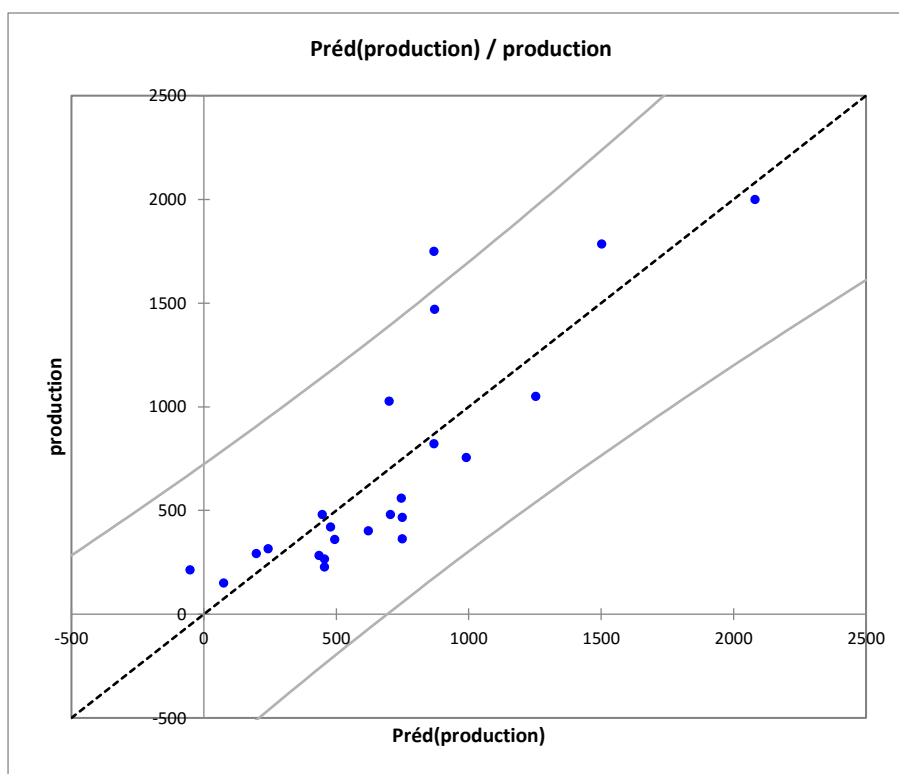


Figure 9 : Prédiction de la production

Après calcul, le stock total de la commune d'Ambongamarina s'élève à : 10,11 ($\pm 2,2$) kg/ha, soit un total de 1 966,56 kg ($\pm 421,39$) ou 1,97 tonnes ($\pm 0,42$) pour la surface totale des zones de collecte.

Dans les recherches antérieures, Touati (2012) a mentionné que près de 200 tonnes de *Tsiperifery* fraîches auraient été extraites en 2010 à Anjozorobe, dans les versants Est et Ouest du corridor. Certes, ces données englobent les productions des versants Est et Ouest du corridor, et il s'agit d'estimations basées sur des dires d'acteurs, la différence est quand même monumentale. Et d'après les dernières enquêtes, 25 tonnes auraient été exportées en 2014 dans le bassin de collecte de l'Anjozorobe-Angavo (Razafimandimby *et al.*, 2017). Les données ne peuvent pas vraiment être comparées, car la surface totale des zones de production n'a pas été mentionnée pour les études antérieures. De plus les données ont été obtenues par le biais d'enquêtes, au cours de laquelle certains acteurs (exportateurs) auraient pu assimiler le *Tsiperifery* au poivre noir. Néanmoins, la baisse du stock disponible peut quand même être perçue à cause de l'écart conséquent entre les différentes valeurs.

4.2.3 Quota de prélèvement

La production à l'hectare, la densité des pieds fructifères à l'hectare et la surface des zones de collecte de chaque association permettent de ressortir la production par versant qui va donner les quotas d'exploitations par association.

Tableau 16 : Quota de prélèvement par association

Site	Association	Nb de F/ha	Prod/ F	prod max/ F	Prod/ ha	Prod max/ ha	S (ha)	Quota	Quota max
Ambohibary	Fivoarana	10	1,05	1,16	10,47	11,65	12	125,64	139,80
Ambohimahatsinjo	Sahatsinjo	25	0,54	0,65	13,50	16,26	86,9	1 173,23	1 412,92
Ambohiamaramanana	Ravakiniala	10	0,74	0,84	7,43	8,38	3,8	28,22	31,84
Ambongamarina	VOI Rianala	5	0,37	0,50	1,85	2,49	10,3	19,02	25,67
Ambongamarina	Tsirinala	5	2,08	2,38	10,41	11,89	10,6	110,31	126,06
Andreba	Hanitrinala	15	0,41	0,53	6,18	7,98	54,1	334,46	431,46
Anjozorovola	Tsinjovola	35	0,30	0,42	10,37	14,81	1,6	16,59	23,70
Ankerambe	VOI FIAM	30	0,74	0,88	22,33	26,30	1,1	24,56	28,93
Anorana	Tsinjo	22,5	0,50	0,63	11,31	14,27	9,4	106,33	134,13
Antobitsihanaka	Imaitsoanala	10	0,60	0,71	6,01	7,09	4,3	25,85	30,48

Prod : production en kg ; F : femelle ; S : surface

4.2.4 Effet du sex ratio sur le rendement

En croisant le tableau du sex ratio de la population avec la production à l'hectare par versant, aucune conclusion sur son effet sur la production ne peut être obtenue. A Ambohimahatsinjo le peuplement est composé de 2 mâles pour une femelle, et la production à l'hectare est de 13,5 kg alors qu'avec la même composition, la production à l'hectare en vaut presque le double à Ankerambe (22,33 kg).

Tableau 17 : Production et sex ratio par versant

Site	Production/ha (kg)	M	F	sex ratio
Ambohibary	10,47	16	2	8
Ambohimahatsinjo	13,50	12	5	2
Ambohiamaramanana	7,43	11	2	5
Ambongamarina Tsirinala	1,85	6	1	6
Ambongamarina Rianala	10,41	10	1	10
Andreba	6,18	18	3	6
Anjozorovola	10,37	6	7	1
Ankerambe	22,33	11	6	2
Anorana	11,31	52	9	6
Antobitsihanaka	6,01	7	2	3

Pourtant, en tant qu'espèce dioïque, le sex ratio devrait avoir un impact sur la production. Selon Dao *et al.* (2011) le succès et l'intensité de la fructification d'une population d'espèce dioïque dépend de facteurs tels que la variation du micro habitat, la répartition spatiale des individus mâles, du sexe ratio de la population, ces facteurs peuvent accroître ou réduire les effets de la phénologie florale sur le rendement (Dao *et al.*, 2011). L'absence d'effet observé peut être due au nombre insuffisant de données, mais cela peut aussi être due au retard de la descente qui a embrouillé la distinction mâle-femelle. D'autres paramètres peuvent aussi en être à l'origine, tels que la distance entre les individus mâles et femelles, la présence d'agent pollinisateur, les pressions, etc.

4.2.5 Rareté de la ressource et dominance des pieds mâles

Comme mentionné dans les limites de la méthodologie, peu de lianes fructifères ont été rencontrées dans les forêts avec une densité de 35 à l'hectare. Et les résultats ont révélé un déséquilibre du sex ratio qui se manifeste par une dominance des pieds mâles par rapport aux individus femelles. Cette rareté de la ressource a déjà été observée et prédite par les études antérieures. En 2011, Razafimandimby a trouvé une abondance des individus exploitables de 250 à l'hectare dans la forêt de Tsiazompaniry. La différence se situe au niveau des pressions qui s'exercent sur la ressource, effectivement, il n'y avait que peu de collecteurs à Tsiazompaniry. En 2012, Touati a déjà confirmé que la destruction des fructifères a un impact évident sur la structure de la population et sa capacité de régénération. Une raréfaction des pieds femelles dans les sites exploités a été constatée par les cueilleurs et les collecteurs à Ambongamarina (Bénard *et al.*, 2015).

Ensuite, Raherinjatovoarison (2017), a avancé qu'en 2100, les bassins d'approvisionnement vont diminuer en termes de surfaces. De ce fait, ceux qui sont les plus proches des marchés vont se situer entre 5 à 15 heures de marche. Pour Anjozorobe en général, la surface de présence passera de 13 180 ha à 1 053 ha. Une diminution qui se fait déjà ressentir actuellement.

Et enfin, Razafimandimby (2017) l'a constaté aussi dans ses études, affirmant que l'activité d'exploitation diminue l'abondance des pieds matures et modifie le sex ratio des morphotypes M2 et M3 en faveur des pieds mâles, et que les populations femelles sont triplement vulnérables par rapport aux populations mâles. Mais que les sexes ratios biaisés en faveur des mâles sont caractéristiques des espèces dioïques pérennes. (Razafimandimby, 2017 ; Lloyd *et al.*, 1977 ; Tsang A.C. *et al.*, 2005 ; Diallo *et al.*, 2006). Il a aussi été observé qu'aucun individu de *Tsiperifery* n'a été identifié sur les crêtes, cela est conforme aux résultats des études de Razafimandimby (2017), les morphotypes M2 sont rencontrés uniquement sur les bas-fonds et les morphotypes M3 sur les bas-fonds et les mi-versants.

4.2.6 Espèces tutrices

Les tuteurs les plus fréquentes sont *Dombeya laurifolia* (Hafotra), *Syzygium phillyreaefolia* (Masaizano), *Cryptocarya acuminata* (Tavolo) et *Tambourissa purpurea* (Ambora). *Cryptocarya acuminata* a aussi été identifiée comme tuteur potentiel dans les études d'Andrianoelisoa *et al.* (2016), alors que les zones d'études sont différentes. Une forte affinité de la liane pour les bois mort (6%) est observée, il en a été de même à Tsiazompaniry (9,6%) (Razafimandimby, 2011). Les bois morts facilitent en effet la pénétration de la racine du *Tsiperifery*.

4.2.7 Facteurs influençant la productivité

La productivité est élevée pour les grandes lianes, aux grands diamètre et hauteurs élevées. Ce qui est conforme aux études de Ratsaraefatrarivo (2012) selon laquelle, les lianes fructifères se rencontrent abondamment sur des grands tuteurs aux diamètres importants, ils se développent des rameaux fructifères entre 8 et 20 m de haut avec un ensoleillement relativement suffisant. Selon Touati également, plus le diamètre de la liane est important plus la fructification est abondante. (Touati, 2012).

Ensuite, la hauteur et le diamètre du tuteur sont aussi des variables prépondérantes, avec les corrélations de 0,47 avec le rendement par liane. Touati (2012) l'a aussi affirmé, sur de petits tuteurs, les lianes n'arriveront pas à une hauteur leur permettant d'arriver à maturité et donc de provoquer un processus de floraison et de fructification.

Selon Caballé (1984) aussi, qui a étudié les lianes ligneuses, la hauteur du tuteur pourrait agir comme un facteur limitant à part entière, du moins pour les lianes qui n'assurent leur progression verticale que par des dispositifs essentiels d'accrochage peu performants ou peu efficaces. La liane ne peut atteindre une hauteur élevée si son tuteur est trop court pour cela.

En somme, les facteurs endogènes sont prépondérants pour l'évaluation de la productivité du *Tsiprifery*, avec les variables hauteur de la liane, diamètre de la liane et morphotype de la liane.

Néanmoins, la taille des lianes et la taille des tuteurs sont influencées par les paramètres écologique de l'habitat (sol, humidité, altitude), mais leurs effets n'ont pas été perçus dans cette étude car il n'y pas une grande variation de ces paramètres pour les zones inventoriées.

4.3 Vérification des hypothèses

Trois hypothèses ont été formulées au départ :

- Hypothèse 1 : La productivité des lianes dépend de la taille de la liane
- Hypothèse 2 : Le rendement par pied varie suivant le morphotype de la liane
- Hypothèse 3 : La productivité du *Tsiprifery* est influencée par les caractéristiques du tuteur

Suite aux résultats obtenus précédemment, la vérification de ces hypothèses peut être effectuée.

4.3.1 Hypothèse 1 : La productivité des lianes dépend de la taille de la liane

Les résultats des tests de corrélation et de l'analyse multivariée ont révélé que le rendement par pied varie significativement avec la hauteur et le diamètre de la liane. La première hypothèse est alors vérifiée.

4.3.2 Hypothèse 2 : Le rendement par pied varie suivant le morphotype de la liane

Ensuite, la production des morphotypes M3 s'est avérée plus élevée par rapport à celle des morphotypes M2. Ce qui a été approuvé par le test de Mann Whitney. Cela permet alors de confirmer la deuxième hypothèse.

4.3.3 Hypothèse 3 : La productivité du *Tsiprifery* est influencée par les caractéristiques du tuteur

En ce qui concerne le tuteur, une corrélation positive moyenne a été observée entre le rendement par pied et la hauteur du tuteur ainsi qu'avec le diamètre. Les grandes lianes qui ont une productivité élevée se développent sur de grands tuteurs. Par contre, les effets de l'écorce et du houppier ne sont pas significatifs. Ce qui confirme partiellement cette hypothèse.

4.4 Recommandations

4.4.1 Recommandations pour la méthodologie

Pour pouvoir utiliser le modèle d'estimation de manière appropriée pour des prédictions, il faut collecter plus de données (plus de 30). Et, selon la FAO (2009), les données à collecter devraient renseigner en permanence sur l'état et l'évolution du potentiel, la productivité et la production par saison des différentes stations écologiques afin d'assurer une disponibilité continue de la ressource et également de mieux gérer la délivrance des permis d'exportation et autorisation de collecte.

Les différents morphotypes doivent donc être considérés séparément lors des inventaires, étant donné que le rendement varie suivant les morphotypes, il faut alors au minimum collecter 30 individus par morphotype.

Ensuite, la ressource est répartie le long de la côte orientale de Madagascar, allant du Nord au Sud, cela implique une variation des stations qui peut avoir un impact sur le rendement, de plus, Razafimandimby a mentionné que les périodes de floraison et de fructification varient en fonction des sites d'études (Razafimanidmby, 2017). Il faut donc aussi considérer les différentes stations séparément. Et pour tenir compte de la variation du stock, l'estimation devrait donc s'étendre sur une période de 3 à 5 ans.

4.4.2 Recommandations pour la pratique

Elles sont composées de plusieurs actions :

- ❖ Les actions dans le court terme, qui peuvent être appliquées dans l'immédiat. Elles consistent à prendre des résolutions à partir des résultats de la présente recherche.
- ❖ Les actions à moyen et long terme, qui avant leur mise en place nécessitent des affinements via recherche.
- ❖ Les mesures d'accompagnement, qui contribuent indirectement à l'atteinte de l'objectif.

4.4.2.1 *Itinéraire technique pour l'enrichissement en forêt*

Selon les paramètres identifiés favorables à la production de fruit, des recommandations d'itinéraire pour l'enrichissement en forêt peuvent être fournies :

❖ **Choix des boutures**

Lors de la collecte de bouture, dans un but de maximiser la production, il faut préconiser les lianes de morphotypes M3 qui produisent plus, étant donné que M2 et M3 sont toutes deux des petites baies, très prisées sur le marché international. Mais il ne faut pas délaisser complètement les morphotypes M2, pour préserver la variété, et pour ne rompre l'équilibre écologique.

❖ **Choix de la toposéquence**

Etant donné qu'aucun pied fructifère n'a été observé sur les crêtes, la replantation en forêt doit se concentrer sur les mi-versants et bas-versants.

❖ **Choix du tuteur**

Les résultats ont avancé que le rendement augmente avec la taille de la liane, et que la liane ne peut atteindre une taille élevée que sur de grands tuteurs. Il faut alors préconiser les arbres à hauteurs élevée, de plus de 15 m pour favoriser la ramification de la liane, et les arbres avec un diamètre supérieur à 10 cm.

Ensuite, il conviendrait de choisir des tuteurs à écorces rugueuses et retenant l'humidité, qui peut se manifester par la présence de mousse, pour faciliter la fixation des racines crampons de la liane. Par exemple, les espèces suivantes peuvent être choisies : *Dombeya laurifolia* (Hafotra), *Syzygium phillyreaefolia* (Masaizano), *Cryptocarya acuminata* (Tavolo) et *Tambourissa purpurea* (Ambora).

4.4.2.2 Mettre en vigueur les quotas maximums de prélèvements

L'objectif principal de l'estimation du stock est de pouvoir gérer les prélèvements de la ressource. Les quotas maximums de prélèvement déterminés dans la présente étude doivent alors être appliqués (cf Discussion p.28). Les quotas mis en place constituent surtout un outil de contrôle et de suivi, mais pour assurer le renouvellement de la ressource, ce sont les méthodes de récolte non destructives qui doivent être maintenues.

Les habitants de la commune d'Ambongamarina exploitent la forêt, non seulement pour la collecte du *Tsiperifery* mais aussi pour le prélèvement de bois d'énergie et de construction. Ils ont collecté le *Tsiperifery* de manière destructive, qui, avec les trouées résultant des prélèvements de bois, a conduit à la raréfaction voire une disparition imminente de cette ressource. Les interventions jusqu'ici sont la formation sur des méthodes de collecte durable des produits et la replantation en forêt du *Tsiperifery*. Toutefois, les pressions sur la forêt continuent toujours, et les replantations en forêt attiseront encore plus la pénétration dans la forêt. Pourtant, il faut à la fois préserver la ressource et préserver la forêt, quatre solutions sont alors proposées :

4.4.2.3 Replanter hors de la forêt

La stratégie pour résoudre les problèmes rencontrés dans la gestion des ressources naturelles issues des PFNL devrait intégrer deux approches complémentaires. Il s'agit à la fois d'assurer une exploitation durable de ces ressources dans leur milieu naturel (*in situ*) et d'encourager leur culture dans les espaces agricoles (*ex situ*) (Tsobeng *et al.*, 2016). A part l'enrichissement en forêt il faut effectuer des plantations en dehors de la forêt.

- ❖ Intégrer le *Tsiperifery* dans les terrains agricoles donc dans des systèmes agroforestiers. En culture associée sur les arbres fruitiers, théiers, caféiers.
- ❖ Envisager des plantations intensives sur tuteur mort, en effet, c'est un procédé déjà très commun avec le poivre (Grimaldi et Sadoux, 1985 ; Pham, 2007).

4.4.2.4 *Elaborer un système de sécurisation des zones d'exploitation*

Il faut d'une part élaborer des règles au sein des associations. Pour sécuriser les zones de plantations et de collecte, les membres des associations doivent s'organiser voire effectuer des patrouilles, mettre en place des panneaux.

Des règlements sur le mode de collecte des fruits doivent aussi être mis en place. Il faut ensuite trouver des solutions vis-à-vis des personnes en dehors de l'association. Par exemple la mise en place d'un *dina* pour le *Tsiperifery* au sein de la commune. La mise en place d'un cadre formel dans lequel s'inscrivent les normes reconnues et respectées est essentielle. Pour la société moderne actuelle, ces normes se présentent sous forme de règles légales. « Les prescriptions des *dina* doivent être conformes aux dispositions constitutionnelles, législatives et réglementaires en vigueur ainsi qu'aux usages reconnus et non contestés dans la commune de rattachement » (Art. 50 de la loi 96-025).

4.4.2.5 *Finaliser le cahier de charge et obtenir un label de certification*

Le cahier de charge détermine l'organisation au sein de l'association. Il contient :

- ❖ Le statut de l'association (les objectifs, les champs d'activité, les membres)
- ❖ Les règlements internes (gestion des conflits, adhésion des membres, rôle de chaque membre, obligations, sanctions, répartition des activités de la pépinière à l'écoulement des produits)
- ❖ Les caractéristiques du terrain (zone de plantation, zone de collecte durable), les informations sur la superficie, le zonage, les autorisations d'accès et les conventions d'usage
- ❖ Les procédés d'acheminement des activités assurant le respect de l'environnement

Le cahier de charge est signé avec l'administration forestière, les autorités locales et le porteur du projet et approuvé par tous les membres de l'association. C'est l'élément clé de la demande d'autorisation de collecte et de l'obtention d'une certification.

4.4.2.6 *Réduire les pressions sur les forêts*

La réduction des pressions sur les forêts est une mesure d'accompagnement pour la gestion durable du *Tsiperifery*. Il s'agit (i) de spéculer d'autres activités génératrices de revenu, alternative aux différentes formes d'exploitation du bois et pour atténuer la dépendance envers la forêt (charbonnage, ébénisterie, etc.). Et (ii) de vulgariser d'autres sources d'énergie à part le bois comme les plaques solaires qui sont déjà utilisées dans la commune.

4.4.3 Cadre logique d'intervention

Objectif principal : Gérer durablement le *Tsiperifery*

Objectif spécifique 1 : Amplifier les recherches pour appuyer les prises de décisions					
Activités	Sous-activités	Echéance	Responsables	IOV	Moyens de vérification
Déterminer le stock national	<ul style="list-style-type: none"> - Effectuer les relevés durant les pics de fructification - Comparer différents types d'habitat - Faire un suivi sur une période de 3-5 ans 	CT CT MT	Chercheurs, techniciens	<ul style="list-style-type: none"> - Modèle d'estimation du stock suivant les différentes zones de distributions - Stock national évalué 	<ul style="list-style-type: none"> - Rapport d'activités - Rapport de suivi
Etudier la faisabilité d'une domestication ex-situ	<ul style="list-style-type: none"> - Réaliser des essais sur tuteur mort - Essayer la plantation sur des espèces agricoles (café, cacao, arbre fruitier) 	MT MT	Chercheurs, techniciens	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre d'essai sur tuteur mort et sur tuteurs vivants - Taux de survie des jeunes plants - Critères de réussite obtenus 	<ul style="list-style-type: none"> - Rapport de recherche - Rapports techniques d'activités
Objectif spécifique 2 : Améliorer la prestation des associations en place					
Obtenir une production stable et de qualité	<ul style="list-style-type: none"> - Appliquer l'itinéraire d'enrichissement identifié - Appliquer le quota maximum de prélèvement - Effectuer des suivis des plantations en forêt 	CT CT, MT, LT	DREEF Organisme d'appui Membres des associations Autorité locale	<ul style="list-style-type: none"> - Quantité de <i>Tsiperifery</i> collectée - Taux de reprise des boutures - Taux de pression dans la forêt 	<ul style="list-style-type: none"> - Cahier de charge - Rapport d'activités
Renforcer les capacités organisationnelles des associations	<ul style="list-style-type: none"> - Former les membres sur les techniques de suivi - Elaborer un système de sécurisation des zones d'exploitation 	CT CT	DREEF Organisme d'appui Membres des associations Autorité locale	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre d'associations formées - Nombre de système de sécurité mis en place 	<ul style="list-style-type: none"> - Rapport d'activités - Rapport de suivi

Développer un label de certification	<ul style="list-style-type: none"> - Mettre en place un cahier de charge - Obtenir une autorisation de collecte - Mettre les associations en contact avec les débouchés 	<p>CT</p> <p>CT</p> <p>CT</p>	<p>DREEF</p> <p>Organisme d'appui</p> <p>Membres des associations</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Accord de certification obtenu - Nombre de débouchés contactés 	<ul style="list-style-type: none"> - Attestation d'autorisation de collecte - Cahier de charge
Objectif spécifique 3 : Concilier préservation de la forêt et préservation de la ressource					
Vulgariser la domestication ex-situ	<ul style="list-style-type: none"> - Encourager la plantation en terrain agricole - Enseigner la plantation sur tuteur mort 	<p>LT</p> <p>LT</p>	<p>DREEF</p> <p>Organisme d'appui</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre de paysans formé - Nombre de paysans appliquant les techniques 	<p>Rapport d'activités</p> <p>Rapport de suivi</p>
Lutter contre la dégradation de la forêt	<ul style="list-style-type: none"> - Spéculer d'autres activités génératrices de revenus - Vulgariser d'autres sources d'énergie à part le bois 	<p>LT</p> <p>CT, MT,</p> <p>LT</p>	<p>DREEF</p> <p>Organisme d'appui</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre de ménage adoptant les activités alternatives - Nombre de ménage utilisant les plaques solaires - Taux de pressions dans les forêts 	<p>Rapport d'activités</p> <p>Rapport de suivi</p>

CT : 2 ans, MT : 2 à 5 ans ; LT : plus de 5 ans

5 CONCLUSION

Pour conclure, le poivre sauvage de Madagascar est un PFNL qui pourrait contribuer significativement à l'amélioration des revenus des communautés locales, mais il est sujet à une mauvaise gestion qui a conduit à sa raréfaction, à la destruction de son habitat et à la baisse des revenus engendrés à l'aval de la filière. Et l'affermissement de la filière *Tsiperifery* doit commencer par le renforcement des connaissances relatives à son exploitation. Cette étude est un élément de cet axe, elle vise à évaluer le stock disponible à Ambongamarina en se basant sur l'identification des facteurs qui influencent la production du *Tsiperifery*.

Trois hypothèses ont été émises pour répondre à la problématique posée. Des analyses statistiques sur XLstat ont permis de les vérifier. La première qui stipule une variation du rendement par pied du *Tsiperifery* en fonction de la taille des lianes a été vérifiée. En effet, les grandes lianes (hauteur élevée et grand diamètre) ont une production plus abondante. La deuxième hypothèse avance que le rendement par pied est différent suivant les morphotypes, ce qui a été confirmée, les morphotypes M3 ont une production plus élevée par rapport aux morphotypes M2. Et cela est due à la différence du nombre de graines par grappe. La troisième hypothèse concerne l'effet des caractéristiques du tuteur sur le rendement. Elle a été vérifiée partiellement puisqu'aucun lien avec le rendement n'a été démontré pour l'écorce et la forme du houppier du tuteur. Par contre, les grandes lianes qui ont un rendement élevé, croissent sur de grands tuteurs, à grand diamètre et à hauteur très élevée.

Les variables prépondérantes pour l'évaluation de la production des *Tsiperifery* sont la hauteur, le diamètre et le morphotype des lianes. Suivant, ces variables des modèles de régression ont été établis, avec lesquelles la production totale du site va être calculée. Le modèle le plus approprié ($R^2 = 0,7$) est obtenu en considérant les trois variables à la fois. Cependant, ce modèle doit encore être amélioré. Les recherches futures devraient alors procéder en séparant l'estimation par morphotype, en récoltant plus de données s'étalant sur une durée plus longue voire 3 à 5 ans et sur différents types de stations.

Bref, la présente étude est une solution proposée pour combler les lacunes sur les connaissances du *Tsiperifery*. Elle met à disposition des chercheurs une orientation pour les recherches futures et permet d'estimer d'une manière générale le stock de *Tsiperifery* d'une zone compte tenu des caractéristiques des lianes. L'itinéraire d'enrichissement et les quotas de prélèvement maximum fournis peuvent déjà contribuer à la gestion durable de la ressource, en servant d'appui aux demandes d'autorisation de collecte et à l'élaboration d'une marque collective. Toutefois, il faut considérer la possibilité d'une domestication ex-situ afin de concilier préservation de la ressource, amélioration des conditions de vie des paysans et protection de la forêt. Il faut donc envisager des plantations hors de la forêt, étudier la possibilité d'une intégration dans des systèmes agroforestiers et d'une plantation sur tuteur mort.

6 BIBLIOGRAPHIE

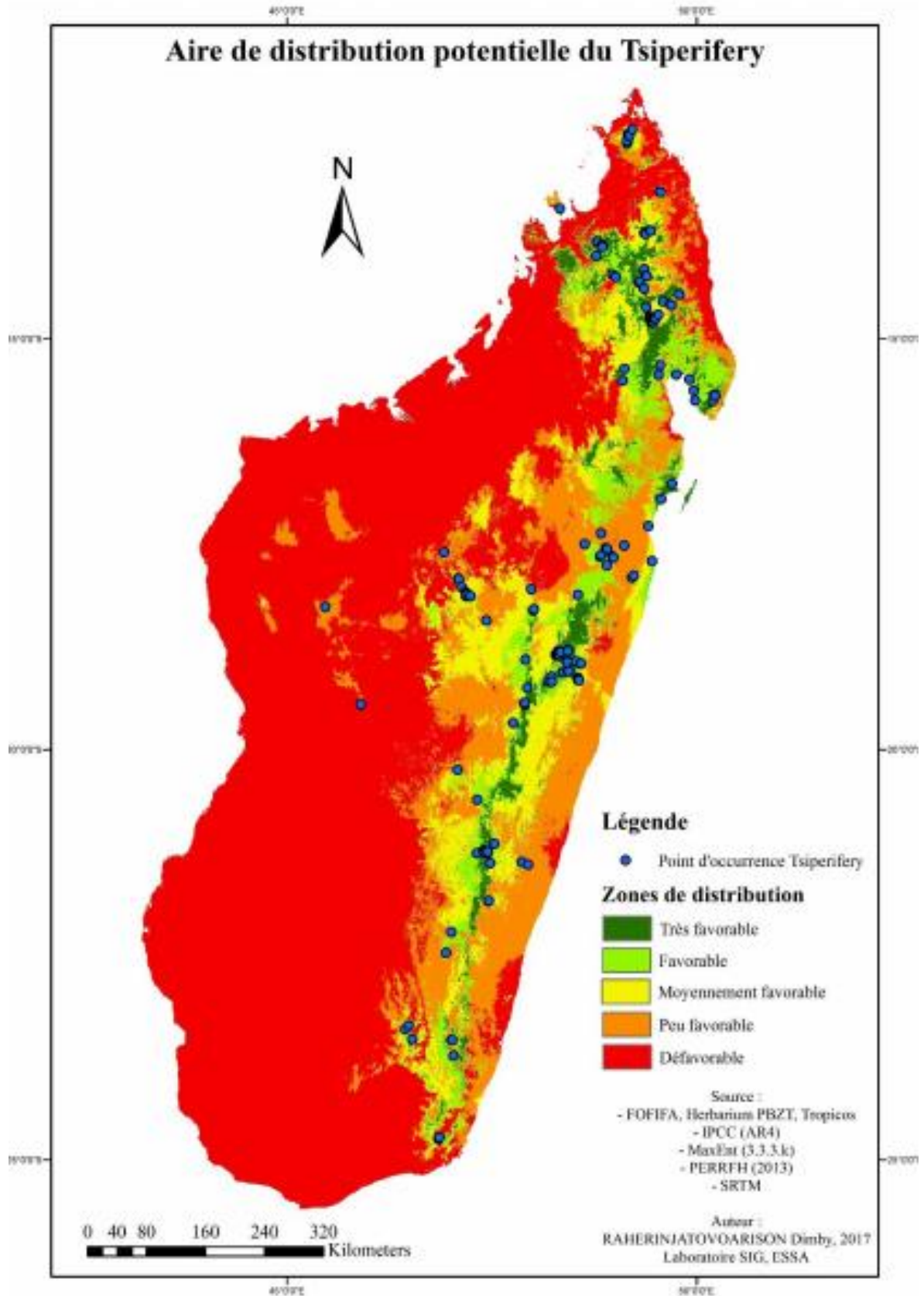
1. Abdourhamane H., Morou B., Rabiou H., Mahamane A., (2013), *Caractéristiques floristiques, diversité et structure de la végétation ligneuse dans le Centre-Sud du Niger : cas du complexe des forêts classées de Dan kada Dodo-Dan Gado*, Int. J. Biol. Chem. Sci. 7(3) : 1048-1068, 21 pages.
2. Abraham A., Rabakonandrianina, Raharimaniraka L.N., Rakotondrabendra V., Ramilijaona O., (2003), *La collecte et l'analyse des données statistiques sur les produits forestiers non ligneux une étude pilote à Madagascar*, FAO-Département des forêts, document de travail FOPP/03/1, 129 pages.
3. Ahenkan A., (2010), *Non-timber forest products (NTFPs): clearing the confusion in semantics*, Journal of human ecology 33.
4. Andriamahazo M., Ebene Onana C. Y., Ibrahima A., Komana K. B., Razafindrandimby J., (2004), *Concilier exploitation des ressources naturelles et protection de la forêt. Cas du Corridor Forestier de Fianarantsoa (Madagascar)*, Série de Documents de Travail N 120, ICRA, CNRE, IRD, 146 p.
5. Andrianoelisoa H., (2013), *Développement des Bases Scientifiques pour une Gestion et Valorisation durable du Poivre Sauvage ou Tsiperifery à Madagascar*, Présentation AGRO FERT'ILES (18-22 novembre 2013), Université d'Antananarivo, CIRAD, FOFIFA.
6. Andrianoelisoa H., Razafimandimby H., Leong Pong Tsy J. M., Randrianaivo J. R., Rakotondraoelina H., Manjato N., Rambolarimanana H., (2016), *Le Tsiperifery, poivre sauvage endémique de Madagascar, une richesse innovante dans la filière épice malgache*, PARRUR, p 107-132.
7. Barbero M., (1988), *caractérisation de quelques structures et architectures forestières des arbres et arbustes à feuilles persistantes de l'étage méditerranéen*, UNIVERSITÉ D'AIX-MARSEILLE III Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme, 10 p.
8. Belcher B. et Schreckenber K., (2007), *Commercialization of non-timber forest products: a reality check*, Development Policy Review, No. 25.
9. Benard A. G., Danflous J.P., Razafindrakoto B., Razafimandimby H., Aubert S., (2015), *Synthèse bibliographique sur l'utilisation des signes de provenance et de qualité dans le contexte malgache*, CIRAD, FOFIFA, DP. 42 p.
10. Brasseur M., (1991), *Ecologie forestière*, CDRD I.
11. Caballe G., (1984), *Essai sur la dynamique des peuplements de lianes ligneuses d'une forêt du nord-est du Gabon*, Laboratoire de Palynologie, Ecole Pratique des Hautes Etudes, Institut de Montpellier, 33p.
12. Dantan E., (2013), *Principaux tests statistiques pour échantillons de petites tailles*, Master 2 BBRT, DCPS et SANH, Université de Nantes, 216 p.

13. Dao M. C. E., Diallo B. O., Kabore-Zoungana CH., (2011), *Sex ratio et dimorphisme sexuel chez une espèce dioïque des zones tropicales sèches : Piliostigma reticulatum (leguminosae – caesalpinioideae)*, Annales des Sciences Agronomiques 15 (1) : 107-122, 2011
14. Dedeire, M. (2011), *Services environnementaux et produits d'origine géographique (POG)*, Document de travail, Serena n° 2011-03, Montpellier, France.
15. Emberger L., Godron M. et Daget P., (1968), *Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu*. Edition CNRS. Paris, 292p.
16. Escofier B. and Pages J., (2008), *Analyses factorielles simples et multiples : Objectifs, méthodes et interprétation* (éd. 4ème), Dunod.
17. FAO, (2001), *Evaluation des ressources en PFNL : expérience et principes de biométrie*, PFNL 13, 139 pages.
18. FOFIFA/DRFGRN, (2016), *Document de projet CAPETsip ou Création d'Associations Paysannes d'Exploitation durable de Tsiperifery (2017-2018)*.
19. Gautier L., (1994), *Structure et flore de la forêt sur la pente d'Andranomay*, Recherche pour le développement / MRS-CIDST. pp 14-28.
20. Gloanec C. et Porphyre V., (2012), *Les démarches de qualité en Océan Indien*, Rapport de synthèse. CIRAD-Qualireg. 36 p
21. Godron M., Daget P., Long G., Sauvage C., Emberger L., Le Gloch E., Poissonet J. et Wacquart J. P., (1983), *Relevé méthodologique de la végétation et du milieu, code et transcription sur carte perforée*, Ed CNRS/CEPE. Paris, 281p.
22. Grimaldi J., Sadoux F. L., (1985), *Le poivrier*, ORSTOM fonds documentaire, 7 p.
23. Ilboudo I., (2005), *Evaluation du potentiel productif des essences fruitières sauvages dans les régions du nord et de la boucle du Mouhoun*, Mémoire de fin d'études, Burkina Faso.
24. Konate S. et Kampmann D., (2010), *Atlas de la Biodiversité de l'Afrique de l'Ouest, Tome III : Côte d'Ivoire*, Abidjan & Frankfurt/Main, BIOTA, 560 p.
25. Kouyate A. M., Nacoulma B. M. I., Lykke A. M., Thiombiano A., (2016), *Estimation de la production fruitière des espèces ligneuses alimentaires en Afrique Sub-saharienne*, Annales des Sciences Agronomiques 20 - spécial Projet Undesert-UE : 69-78, 11 p.
26. Kull C. A., Ratsirarson J. and Randriamboavonjy G., (2005), *Les forêts de tapia des Hautes Terres Malgaches*, Terre-mg., 24 (2), 22-58, 37 p.
27. Lebot V., Champagne A., Malapa R. et Shiley D., (2009), *Near determination of major constituents in tropical root and tuber crop flours*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, **57**(22):10539–10547.
28. Levesque A., (2012), *Etude de différents schémas de vie mis en œuvre sur Tsiperifery, poivre sauvage malgache*, Stage de formation d'ingénieur (2è année) Systèmes Agricoles et Agroalimentaires Durables au Sud (SAADS), Institut des régions chaudes, Sup Agro Montpellier, 98p.

29. Maidou H. M., (2006), *Etude sur la gestion durable des Produits Forestiers Non Ligneux en République Centrafricaine*, Projet IUCN/OIBT/PFNL-RCA, 51 pages.
30. Marshall E., (2005), *Commercialization of non-timber forest products: first steps in analyzing the factors influencing success*, Flores Revue 5, p 128-135.
31. MBG, (2014), *Rapport final : Inventaire de références des sites du Projet MRPA Lot n 2 : Loky Manambato*, DP No 01 - 13 /DP/UCPE/MRPA ,454 pages.
32. Meylan M., (2014), *Enjeux de la domestication et de l'exploitation des produits forestiers non ligneux dans les stratégies économiques des ménages diola du département d'Oussouye – Sénégal, Etudes de cas du palmier à huile, Carapaprocera et anacardier*, Mémoire, IEP Toulouse.
33. Neumann R.P. et Hirsch E., (2000), *Commercialization of non-timber forest products: review and analysis of research*, FAO.
34. Nguyen Q., Daillier P., Pellet A., (2002), *Droit international public*. L.G.D.J, 7^{ème} édition. Paris, 1510 pages.
35. Njonga B., (2010), *Où et comment cultiver le poivre*, La voix du Paysan - Mensuel de l'entrepreneur rural, 2p.
36. Pham J., (2007), *Piper nigrum L. : aspects botaniques, chimiques et pharmacologiques*, Thèse pour le diplôme d'Etat. Université de Nantes, faculté de pharmacie, 84 pages.
37. Rabevohitra R., (1995), *Assesment of Plant Diversity and Conservation Importance of East Coast Low Elevation Malagasy Rainforest*. DRFP-FOFIFA.
38. Rafilipoarijaona H., (2006), *Etude de la dynamique de l'espèce Aucoumea klaineana Pierre (BURERACEA) en vue d'un aménagement sylvicole, Cas de la forêt de Tampolo*. Mémoire de DEA, ESSA-Forêts, Université d'Antananarivo, 105 pages.
39. Rafitoharson N. E. M., (2015), *Définition et mise en place d'un protocole de multiplication du Tsiperifery (Piper sp.) à Beforona en vue de sa domestication*, Mémoire de fin d'études, ESSA-Forêts, Université d'Antananarivo, 97 pages.
40. Raharijoana N. S., (2015), *L'importance de l'identification juridique des participants à la gestion durable du Tsiperifery : Cas d'Anjozorobe*. Mémoire Master II, Département DROIT-Faculté D.E.G.S-Université d'Antananarivo-Madagascar, 144 p.
41. Raherinjatovoarison D., (2017), *Modélisation de l'aire de distribution du Piper sp. (Tsiperifery) à Madagascar en vue d'une gestion durable de cette ressource*, Mémoire de fin d'études, ESSA-Forêts, Université d'Antananarivo, 83p.
42. Rajoelison G. L., (1997), *Etude de la forêt tropicale humide Malagasy : exemple de la forêt littorale exploitée de Tampolo (Fenoarivo Antsinanana)*, ESSA-Forêts Université d'Antananarivo. 138 p.
43. Rakotomalala A. L. S., (2016), *Description de l'organisation sociotechnique des circuits économiques des produits forestiers non ligneux à Madagascar, Cas du Tsiperifery (Piper sp.)*, Mémoire de fin d'études, ESSA-Forêts, Université d'Antananarivo, 99 p.

44. Rakotondrasoa L. O., (2012), *Ecologie spatiale et dynamique de la forêt de tapia, Uapaca bojeri Baill. (1958), habitat du ver à soie Borocera cajani (Vinson, 1863), dans la zone d'Arivonimamo II-Madagascar*, Thèse de doctorat, ESSA-Forêts, Université d'Antananarivo, 176 p.
45. Ratsaraefatrarivo M. H. T., (2012), *Etude de variabilité spécifique de Piper sp. (Tsiperifery) dans les versants Ouest et Est du corridor Anjozorobe Angavo et quelques paramètres caractéristiques de qualité des grains secs de cette espèce dite : « poivre sauvage » ou « VoaTsiperifery »* Ecole Normale Supérieure – Université d'Antananarivo, Qualireg.
46. Razafimandimby H., (2011), *Etudes écologiques et ethnobotaniques de Tsiperifery (Piper sp.) de la forêt de Tsiazompaniry pour une gestion durable*, DEA, ESSA-Forêts.
47. Razafimandimby H., (2017), *Etudes de la diversité morphologique, biologique et écologique de Tsiperifery (Piper spp.) pour la gestion durable des ressources génétiques à Madagascar*, Thèse de doctorat, ED GRND, ESSA, Université d'Antananarivo, 235 p.
48. Razafimandimby H., Benard A.G., Andrianoelisoa H., Leong Pock Tsy J.M., Touati G., Levesque A., Weil M., Randrianaivo R., Ramamonjisoa L., Queste J., Aubert S., Danflous J.P., Danthu P., (2017), *Tsiperifery, the wild pepper from Madagascar, emerging on the international spice market despite unchecked exploitation: current knowledge and future prospects*, article in *Fruits*, 19 pages.
49. Razafimandimby H., Gautier L., Leong Pong Tsy J.M., Danthu P., Ramamonjisoa L., (2017), *Characterization of the phenotypic diversity of Tsiperifery (Piper spp.), an under-studied wild pepper of Madagascar in spite of an international fame*, article, 8 pages.
50. RESEAU, (2015), *Rapportage de l'état de conservation des espèces d'intérêt communautaire Focus « Poissons osseux, lamproies, écrevisses »*, 9 pages.
51. Robert M., (2011), *Une Indication Géographique sur le poivre noir de Madagascar comme outil de développement territorial : intérêt et faisabilité de la démarche*, Mémoire de fin d'études, Institut National d'Horticulture et de Paysage, Montpellier SupAgro, 127 p.
52. Sanogo D., Badji M., Diop M., Samb C.O., Tamba A., Gassama Y. K., (2015), *Évaluation de la production en fruits de peuplements naturels de Baobab (Adansonia digitata L.) dans deux zones climatiques au Sénégal*, *Journal of Applied Biosciences* 85 :7838– 7847 ISSN 1997–5902, 10 p.
53. SFD/DVA, *Le Poivrier*, support pédagogique, Epice de Madagascar, 5 pages.
54. 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, ISTOM, 79 pages.
55. Tsobeng A., Tchoundjeu Z., Degrande A., Asaah E., Takourtsing B., Sado T., (2016), *Contribution de la domestication participative à la culture des PFNL : le cas des groupements paysans des zones de forêts et savanes humides au Cameroun*, FAO, *Vivre et se nourrir de la forêt en Afrique centrale*, p 147-156.

ANNEXES

Annexe 1 : Carte de répartition de *Tsiperifery*

source : Raherinjatovoarison, 2016

Annexe 2 : Description du milieu d'études

Le District d'Anjozorobe se trouve dans la Région d'Analamanga sur les Hautes Terres Centrales entre 47° 51' 28'' et 48° 04' 30'' de longitude Est et 18° 09' 53'' et 18° 55' 40'' de latitude Sud, à la limite Nord - Est de la capitale. Le district est constitué de dix-neuf communes rurales et urbaines sur une superficie de 3 714 km². Le District d'Anjozorobe est délimité au nord par le District de Tsaratanana de la Région Betsiboka, au nord-est par le District d'Ambatondrazaka et celui de Moramanga, tous deux de la Région Alaotra-Mangoro et trois autres districts de la Région Analamanga dont Ankazobe à l'ouest puis Ambohidratrimo au sud-ouest et Manjakandriana au sud vers l'est (Ravelojaona, 2016).

1- Milieu biophysique

- Climat

La température moyenne annuelle est de 18,3°C, avec un maximum en décembre (20,9°C) et un minimum au mois de juillet (14,1°C). Les mois les plus chauds s'étendent de décembre à février. Le mois le plus sec est le mois de septembre avec 9,2 mm de pluie. La région reçoit annuellement en moyenne 1237 mm de pluie, réparties dans 119 jours. La courbe ombrothermique de Gausse obtenue à partir des données climatiques de la station d'Anjozorobe montre que la région présente cinq mois écologiquement secs et frais (mai au septembre) où la courbe de précipitation se trouve au-dessous de la courbe de la température, et sept mois pluvieux et chauds (octobre en avril). La précipitation est élevée du mois d'octobre au mois d'avril. Cette courbe montre également que la température varie peu par rapport à la température tout au long de l'année. La précipitation est maximale du mois de décembre au mois de février. Le district d'Anjozorobe, situé sur le bord oriental du centre de l'île, reçoit l'alizé qui apporte beaucoup d'humidité. En effet, l'alizé souffle en permanence sur la région et influe beaucoup les précipitations et les températures. Ce vent engendre des crachins ou des brouillards matinaux dans la région.

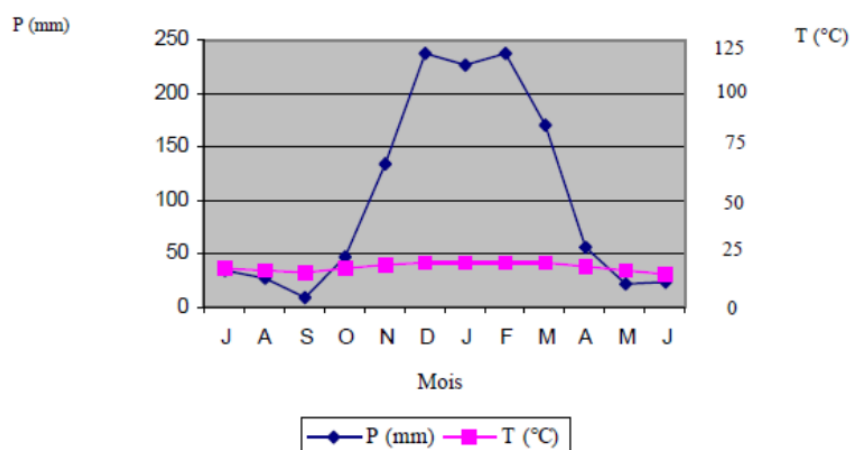


Figure 10 : Courbe ombrothermique de GAUSSEN de la station d'Anjozorobe

- **Relief**

L'unité géomorphologie du district d'Anjozorobe est constituée par un relief de Hautes Terres à dissection profonde. La topographie générale présente des pentes fortes à très fortes. A l'Est, le district d'Anjozorobe est bordé par la falaise de l'Angavo et au Sud se trouve le plateau de l'Anjafy. Cette falaise constitue la ligne de partage des eaux entre les versants Est –Ouest (RAKOTONARIVO A.L. ; 2004)

- **Pédologie**

Le type de sol dans le district Anjozorobe est constitué par une association de sol ferrallitique rouge et jaune. Généralement crevassés et criblés de lavaka, ce sol est pauvre et difficile à travailler, mais se prêtent aux cultures n'exigeant pas d'importante fertilisation (riz pluvial, maïs, manioc) (ONE, 2012).

- **Flore et végétation**

Les formations végétales dans le district d'Anjozorobe sont constituées en grande partie par des savanes herbeuses. La forêt, occupant une zone de transition biogéographique, présente plusieurs faciès qui traduisent son dynamisme naturel au cours du temps. Il y a deux types de formations : le peuplement forestier proprement dit, composé par la forêt primaire, la forêt dégradée et la forêt exploitée, les formations secondaires représentées par le savoka d'âge différent, et la formation de savane (RAVONIARIJAONA V. ; 2010)

Néanmoins, les forêts présentes sont forêts humides sempervirentes, à série *Tambourissa* et *Weinmannia* (Humbert, 1995).

2- Milieu socio-économique

Dans l'ensemble, la population est estimée à 202 771 habitants avec un taux de croissance annuel de 2,3%. La population est composée essentiellement de l'ethnie Merina. Du fait de l'attractivité de la capitale de Madagascar, une frange non négligeable des migrants de toutes les ethnies de l'Ile y est observée (ONE, 2012). La principale activité de la population est l'agriculture. La population pratique la riziculture et la polyculture (Manioc, patate douce, maïs, arachide, tabac...) près des rizières. Les activités agricoles s'accompagnent d'élevage de bovins, de volailles et d'apiculture. Le défrichement de la forêt à but agricole revêt divers aspects. L'agriculture sur brûlis (tavy) est le plus destructif. La vitesse annuelle de la déforestation causée par l'aménagement agricole et les feux qui y sont associés est estimée à 750 ha/an (RASOLONJATOVO, 2004).

Annexe 3 : Fiches d'inventaire

Date :	Longitude :...	Exposition :
Fokontany :	Latitude :	Orientation de relevés :
Association :	Altitude :m	Autres observations :
Pente :		

(Cochez pied \varnothing collecté)

N° pl	N° plct	N°	Topo	Lianes				Coordonnées		Tuteurs				
				d(cm)	h (m)	sexe	morpho	x	y	Nom vernaculaire	DHP (cm)	H (m)	PHF	écorce

FICHE D'INVENTAIRE PRODUCTIVITE

Date :

Toposéquence :

Site	n°	plc	plct	ép. L	ép. H	humidité	R1	R2	R3	nb R

FICHE RELEVÉ LINEIARE

Date :

Site :

Observation :

Association :

distance hauteur	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
[24-22[
[22-20[
[20-18[
[18-16[
[16-14[
[14-12[
[12-10[
[10-8[
[8-6[
[6-4[
[4-2[

distance hauteur	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
[24-22[
[22-20[
[20-18[
[18-16[
[16-14[
[14-12[
[12-10[
[8-6[
[6-4[
[4-2[

Annexe 4 : Liste des tuteurs

Nom vernaculaire	Nb	Espèce	FAMILLE
Alampona	1	<i>Hibiscus lasiococcus</i>	MALVACEAE
Ambora	15	<i>Tambourissa purpurea</i> (Tul.) A. DC	MONIMIACEAE
Ambovitsika	2	<i>Pittosporum verticillatum</i>	PITTOSPORACEAE
Andrarezina	1	<i>Trema orientalis</i>	MALVACEAE
Bois mort	11		
Bongolahy	1	<i>Mammea orhtocladus</i> (Baker) Perr	CLUSIACEAE
Dintimena	2	<i>Astrotrichilia parvifolia</i> J F Leroy & Lescot	MELIACEAE
Famelona	12	<i>Chrysophyllum boivinianum</i> (Pierre) Baehni	SAPOTACEAE
Fanjana	8	<i>Cyathea</i> spp.	CYATHEACEAE
Felaborona	1	<i>Tina dasycarpa</i> Radlk	SAPINDACEAE
Hafotra	18	<i>Dombeya laurifolia</i> (Boj.) H. Baill.	MALVACEAE
Hasina	11	<i>Dracaena angustifolia</i>	ASPARAGACEAE
Hazomainty	2	<i>Diospyros gracilipes</i> Hiern	EBENACEAE
Hazombato	1	<i>Homalium</i> sp.	SALICACEAE
Hazomby	4	<i>Homalium parkeri</i> Baker	SALICACEAE
Hazondrano	3	<i>Ilex mitis</i> (L.) Radlk.	AQUIFOLIACEA
Hazontoho	6	<i>Oncostemum botryoides</i> Baker	MYRSINACEAE
Helatrangidina	1	<i>Oncostemon elephantites</i>	MYRSINACEAE
Jabo	2	<i>Garcinia verrucosa</i>	CLUSIACEAE
Kija	1	<i>Ochrocarpus parvifolius</i> Elliot	CLUSIACEAE
Lambinana	3	<i>Nuxia capitata</i>	BUDDLEYACEAE
Lendemy	1	<i>Anthocleista madagascariensis</i>	SAPOTACEAE
Lanona	3	<i>Weinmannia rutenbergii</i> Engl.	CUNONIACEAE
Masaizano	17	<i>Eugenia</i> (<i>Syzygium</i>) <i>phillyreaefolia</i> Bak. Var <i>obscurifolia</i> H. Perr.	MYRTACEAE
Mokaranana	4	<i>Macaranga myriolepidea</i> Baker	EUPHORBIACEAE
Nato	1	<i>Mammea sessiliflora</i>	CLUSIACEAE
Ranga	3	<i>Campylospermum deltoides</i>	OCHNACEAE
Ravinavoatra	2	<i>Bathiorhamnus louvelii</i> (H. Perrier) Capuron	RHAMNACEAE
Rotra	1	<i>Eugenia jambolana</i>	MYRTACEAE
Rotrakely	3	<i>Eugenia emirnenis</i>	MYRTACEAE
Rotrala	1	<i>Syzygium</i> sp.	MYRTACEAE
Tavolo	15	<i>Cryptocarya acuminata</i> Merr.	LAURACEAE
Tsilaitra	1	<i>Noronhia gracilipes</i>	OLEACEAE
Tsipantika	4	<i>Ficus tiliifolia</i>	MORACEAE
Voafotsy	3	<i>Aphloia theiformus</i>	APHLOIACEAE
Voakarepoka	3	<i>Brexia madagascariensis</i>	CELASTRACEAE

Voanana	4	<i>Sloanea rhodantha</i>	ELAEOCARPACEAE
Voantsilana	5	<i>Polyscias aculeata</i> (D & Pl) Harms	ARALIACEAE
Voaramontsina	1	<i>Vaccinium secundifolium</i>	ERICACEAE
Volontsangana	3	<i>Arundinaria (Nastus capitatus)</i>	GUTTIFERAE
Vomboana	1	<i>Dalbergia baronii</i>	FABACEAE
Votaka	1	<i>Strychnos spinosa</i>	LOGANIACEAE
Zahana	1	<i>Phyllarthron bojerianum</i> A. DC.	BIGNONIACEAE

Annexe 5 : Résultats de l'ACM

1. Valeurs propres et pourcentages d'inertie

	F1	F2	F3	F4	F5
Valeur propre	0,304	0,226	0,191	0,108	0,085
Inertie (%)	24,689	18,351	15,548	8,797	6,908
% cumulé	24,689	43,040	58,588	67,385	74,293
Inertie ajustée	0,060	0,026	0,015	0,001	0,000
Inertie ajustée (%)	46,617	20,078	11,853	0,889	0,059
% cumulé	46,617	66,695	78,548	79,437	79,497

2. Coordonnées des variables

	F1	F2	F3	F4	F5
degré de recouvrement-assez ouvert	-0,133	-0,081	0,545	-0,019	0,050
degré de recouvrement-ouvert	0,304	0,185	-1,245	0,044	-0,114
altitude-faible	0,509	-0,365	0,050	0,091	0,057
altitude-élevée	-0,953	0,684	-0,094	-0,171	-0,106
Topo-BV	0,388	-0,519	-0,028	0,104	-0,212
Topo-MV	-0,728	0,974	0,052	-0,195	0,397
d (cm)-grand	0,572	0,518	-0,256	-0,031	-0,517
d (cm)-petit	-0,368	-0,333	0,164	0,020	0,333
h (m)-courte	-0,442	-0,530	-0,054	0,177	0,025
h (m)-haute	0,688	0,825	0,084	-0,275	-0,040
morpho-M2	-0,630	-0,013	-0,469	0,445	0,044
morpho-M3	0,484	0,010	0,361	-0,342	-0,034
DHP (cm)-grand	0,802	0,365	-0,546	0,725	0,434
DHP (cm)-moyen	-0,306	0,212	0,504	-0,046	-0,521
DHP (cm)-petit	-0,487	-1,276	-0,556	-1,131	0,803
H (m)-courte	-0,164	-0,551	0,120	-0,888	-0,432
H (m)-haute	1,127	0,657	-0,185	-0,020	0,203
H (m)-moyenne	-0,605	0,052	0,017	0,802	0,248
PHF-bonne	0,423	-0,015	-0,194	-0,193	0,436
PHF-dégradée	-0,658	0,024	0,302	0,300	-0,678
écorce-lisse	-0,378	-0,531	-1,260	-0,611	-0,116
écorce-rugueuse	0,105	0,147	0,350	0,170	0,032
ép. H-très épaisse	-0,990	0,918	0,233	-0,284	0,378
ép. H-épaisse	0,433	-0,402	-0,102	0,124	-0,166
humidité-humide	-0,368	0,445	-0,413	-0,145	-0,106
humidité-très humide	0,573	-0,691	0,643	0,226	0,165
prod-faible	-0,699	-0,490	-0,676	0,215	-0,186
prod-moyenne	-0,230	-0,049	1,027	-0,134	0,316

prod-élevée	1,129	0,679	-0,158	-0,142	-0,077
-------------	-------	-------	--------	--------	--------

3. Contributions des variables

	Poids	Poids (relatif)	F1	F2	F3	F4	F5
degré de recouvrement- assez ouvert	16	0,054	0,003	0,002	0,083	0,000	0,002
degré de recouvrement- ouvert	7	0,023	0,007	0,004	0,190	0,000	0,004
altitude-faible	15	0,050	0,043	0,030	0,001	0,004	0,002
altitude-élevée	8	0,027	0,080	0,055	0,001	0,007	0,004
Topo-BV	15	0,050	0,025	0,060	0,000	0,005	0,026
Topo-MV	8	0,027	0,047	0,112	0,000	0,009	0,050
d (cm)-grand	9	0,030	0,032	0,036	0,010	0,000	0,095
d (cm)-petit	14	0,047	0,021	0,023	0,007	0,000	0,061
h (m)-courte	14	0,047	0,030	0,058	0,001	0,014	0,000
h (m)-haute	9	0,030	0,047	0,091	0,001	0,021	0,001
morpho-M2	10	0,033	0,044	0,000	0,038	0,061	0,001
morpho-M3	13	0,043	0,034	0,000	0,030	0,047	0,001
DHP (cm)-grand	7	0,023	0,050	0,014	0,036	0,114	0,052
DHP (cm)-moyen	12	0,040	0,012	0,008	0,053	0,001	0,128
DHP (cm)-petit	4	0,013	0,010	0,096	0,022	0,158	0,101
H (m)-courte	8	0,027	0,002	0,036	0,002	0,195	0,059
H (m)-haute	6	0,020	0,084	0,038	0,004	0,000	0,010
H (m)-moyenne	9	0,030	0,036	0,000	0,000	0,179	0,022
PHF-bonne	14	0,047	0,028	0,000	0,009	0,016	0,104
PHF-dégradée	9	0,030	0,043	0,000	0,014	0,025	0,163
écorce-lisse	5	0,017	0,008	0,021	0,139	0,058	0,003
écorce-rugueuse	18	0,060	0,002	0,006	0,039	0,016	0,001
ép. H-très épaisse	7	0,023	0,076	0,087	0,007	0,017	0,039
ép. H-épaisse	16	0,054	0,033	0,038	0,003	0,008	0,017
humidité-humide	14	0,047	0,021	0,041	0,042	0,009	0,006
humidité-très humide	9	0,030	0,032	0,064	0,065	0,014	0,010
prod-faible	9	0,030	0,048	0,032	0,072	0,013	0,012
prod-moyenne	7	0,023	0,004	0,000	0,129	0,004	0,027
prod-élevée	7	0,023	0,098	0,048	0,003	0,004	0,002