

**RECHERCHES
POUR
LE DEVELOPPEMENT**

Série Sciences Biologiques

N°27 - 2020

Antananarivo - Madagascar

**Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique**

ISSN 1025 - 3467



**RECHERCHES
POUR
LE DEVELOPPEMENT
Série
Sciences Biologiques
N° 27
2020**

Membres du Comité de lecture :

- Pr RAMIARISON Claudine
- Pr RAKOTOARIVELO Marie Laure
- Pr ANDRIAMPARANY Marius
- Dr RAHAINGO-RAZAFIMBELO Marcelline
- Dr RAHARIJAONA Nivoniaina Fahendrena

Ce numéro a été édité avec le concours de
**Université d'Antananarivo
Service de Coopération et d'Aide Culturelle
(Ambassade de France)
et
Centre d'Information et de Documentation
Scientifique et Technique**

Toute correspondance concernant les publications
RECHERCHES POUR LE DEVELOPPEMENT
doit être adressée au :

**Centre d'Information et de Documentation
Scientifique et Technique
BP 6224 – Email : cidst@cidst.mg
Antananarivo - Madagascar
ISSN 1025-3467**

RECHERCHES POUR LE DEVELOPPEMENT

Série Sciences Biologiques

N°27

2020

NOS PRINCIPALES REALISATIONS

Fonds Documentaire consultable gratuitement sur place

24261 Ouvrages
1584 Titres de périodique

Production documentaire : Fiches techniques 66 thèmes sur l'agriculture et l'élevage

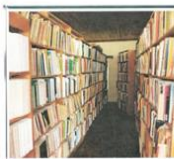
Base de données en ligne : MADADOC (sur l'Environnement et le Développement Rural) 12642 Références

Base de données bibliographiques : MIREMBY 41537 Références multidisciplinaires

Edition de la Collection **"Revue Recherche pour le Développement"** 42 numéros dont :

Série Sciences Biologiques : 25
Série Sciences de l'Homme et Société : 9
Série Sciences Technologiques : 2
Série Médecine : 6

Promotion de l'innovation : Organisation de l'évènement Science Hack Day : 5 éditions Mise en place de CATI et FABLAB



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Centre d'Information et de Documentation
Scientifique et Technique



**✓ Votre partenaire
pour le développement durable
et l'innovation**

21, rue Fernand Kassanga
Andoharano - Tsimbazaza - BP 6224
Antananarivo 101
Tél : (261)20 22 566 37
E-mail : cidst@cidst.mg
Site Web : [http : www.cidst.mg](http://www.cidst.mg)
FB : [facebook.com/cidst](https://www.facebook.com/cidst)

SOMMAIRE

Valorisation des plantes pionnières facilitatrices pour la restauration écologique

par Ramiarana E, Randriambanona H, Hervé D., Andrianandrasana M. D., Andriamanantena T., Avoarimanana Z., Baohanta R., Ranaivosoa-Toandro S., Ramanankierana H.

7

Trempeage-cuisson du haricot sec (*Phaseolus vulgaris* L.) : Impact sur les facteurs antinutritionnels

par Ravoninjatovo Mboahangy, Randriamahatody Zo, Ravonizafy Christine, Rejo Roger, Randrianatoro Hery, Randriamidosy Jean-Claude, Andriamazaoro Herimihamina, Servent Adrien, Dornier Manuel, Ralison Charlotte

17

Importance de l'effet conjoint de la culture de mangue améliorée : développement économique et protection environnementale

par Andriamifidiniaina Josoa Hermann, Razafindraibe Rolland, Ramananarivo Romaine, Ranaivoson Rado, Ratovo Abel, Rabemanjara Arnaud

29

Reconnaissance des Lémuriens diurne de la forêt d'Andriamisara, Nord-Ouest de Madagascar

par Miarisoa Jeanne Emma, Raveloson Herimalala, Rabarivola Joseph Clément

45

Écologie des espèces les plus utilisées dans la forêt d'Ampasina

par Emilienne Mohamed Razina, Rakotoarimanana Vonjison

53

Pommade cicatrisante et antibactérienne à base de *Gaertneraphanerophlebia*, une Rubiaceae malagasy

par Rakotoarisoa Mbolatiana Abigaila, Ralambonirina Sylvia, Andriamamonjisoa Dimbiniala, Rakotoarisoa Marrino, Victor Jeannoda

61

***Calophyllum inophyllum*, une ressource à promouvoir pour la production du Biodiesel**

par Ramahandry Rovaniaina Nantenaina, RANDRIAMBANONA Herizo, Randriana Nambinina Fortuné Richard

73

Variabilité longitudinale de la densité du bois des espèces tropicales de Madagascar

par Razafinarivo Ravo Nantenaina Gabriella, Rafetrason Felana Nirintsoa, Chaix Gilles, Filho Mario Tomazello, Razakamanarivo Herintsitohaina, Ramananantoandro Tahiana

81

Monétarisation de l'Utilisation Directe de l'écosystème à mangrove : Cas de Boanamary et Soalala

par Razanajatovo Kanto, Rahelison Tsimiovalaza, Rabesa Zafera Antoine

91

MISSIONS DU CIDST

- ⇒ Valorisation et diffusion des résultats de recherches
- ⇒ Appui des acteurs du développement en information scientifique et technique pour une meilleure prise de décision



VALORISATION DES PLANTES PIONNIERES FACILITATRICES POUR LA RESTAURATION ECOLOGIQUE

par

RAMIARANA E.^(1, 2), RANDRIAMBANONA H.^(1, 2), Hervé D.⁽⁴⁾
ANDRIANANDRASANA M. D.⁽²⁾, ANDRIAMANANTENA T.⁽³⁾,
AVOARIMANANA Z.⁽³⁾, BAOHANTA R.^(1, 2), RANAIVOSOA-TOANDRO S.^(1, 2),
RAMANANKIERANA H.^(1, 2)

(1) Institut Supérieur de Sciences, Environnement et Développement Durable (ISSEDD), Université de Toamasina

(2) Centre National de Recherche sur l'Environnement (CNRE), BP 1739, Antananarivo

(3) Ecole Supérieure de Sciences Agronomiques (ESSA), Université d'Antananarivo

(4) Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Antananarivo

RESUME

Les forêts tropicales abritent la moitié de la biodiversité terrestre. De vastes zones de forêt tropicale humide dans le monde ont été défrichées par la culture sur brûlis. Les espèces pionnières sont les premières espèces de plantes capables de coloniser un milieu dégradé. Pour Madagascar, après la déforestation, certaines espèces pionnières apparaissent et peuvent jouer le rôle de « facilitatrices ». Cette étude menée dans le fragment forestier de Vohilahy, Ranomafana-Est-Madagascar a pour objectif principal d'étudier l'apport des microorganismes du sol colonisé par les plantes pionnières pour faciliter l'installation des autres espèces. La méthode consiste à identifier les espèces pionnières, à évaluer les caractéristiques du sol rhizosphérique colonisé par chaque espèce. Trois espèces pionnières dont : *Psiadiaaltissima* (DC.) Drake, *Lantana camara* L. et *Solanumtorvum* Sw. ont été retenues. Elles ont généré des Potentiel d'Infectieux Mycorhizogène (PIM) élevés au niveau du sol avec un nombre du plus probable de propagules significativement élevé pour le sol colonisé par *Psiadiaaltissima* et *Solanumtorvum*. Les enzymes impliquées dans l'hydrolyse de la fluorescéine diacétate résultent une forte activité microbienne globale au niveau de *Lantana camara* tandis que l'activité phosphatasique microbienne résulte l'amélioration de la nutrition minérale des plantes au niveau des espèces *Solanumtorvum* et *Psiadiaaltissima*. *Lantana camara* et *Psiadiaaltissima* ont significativement riches en azote et les trois espèces sont toutes riches en phosphore. Ces trois espèces peuvent faciliter l'installation d'autres

espèces, et peuvent être considérées comme plantes« nurses » ou espèces facilitatrices.

Mots clés : *Ecologie, pionnière, facilitation, forêt, Madagascar.*

ABSTRACT

Tropical forests are home to half of the Earth's biodiversity. Large areas of tropical rainforest around the world have been cleared by slash-and-burn cultivation. Pioneer species are the first species of plants capable to colonize a degraded environment. In Madagascar, after deforestation, some pioneer species appear and can play the role of "facilitators". The main objective of this study, carried out in the forest fragment of Vohilahy, Ranomafana-Est-Madagascar, is to study the contribution of soil microorganisms colonized by pioneer plants to facilitate the establishment of other species. The method consists in identifying the pioneer species, in evaluating the characteristics of the rhizospheric soil colonized by each species. Three pioneer species *Psiadiaaltissima*, *Lantana camara* and *Solanumtorvum* were selected. They generated high Mycorrhiza Potential Infectiveness (MPI) at ground level with a more likely number of significantly high propagules for the soil colonized by *Psiadiaaltissima* and *Solanumtorvum*. The enzymes involved in the hydrolysis of fluorescein diacetate resulting in a strong overall microbial activity at the level of *Lantana camara* while the microbial phosphatase activity leads to the improvement of the mineral nutrition of the plants at the level of the *Solanumtorvum* and *Psiadiaaltissima* species. *Lantana camara* and *Psiadiaaltissima* are significantly rich in nitrogen and the three species are all rich in phosphorus. These three species can facilitate the installation of other species, and can act as "nurses" or facilitator species.

Key words : *Ecology, pioneer, facilitation, forest, Madagascar.*

INTRODUCTION

Les forêts tropicales recouvrent moins de 10 % de la superficie terrestre (Mayaux *et al.*, 2005), mais elles abritent au moins 50 % de la biodiversité terrestre (Lovejoy, 1997). La déforestation due à la forte croissance de la population humaine associée à l'exploitation forestière (Goodman & Benstead, 2003) qui frappe Madagascar depuis des siècles a fait que le couvert forestier primaire est moins de 10 % (Harper *et al.*, 2007). Certaines plantes arbustes pionnières s'avèrent des outils efficaces pour optimiser la restauration des écosystèmes dégradés (Baohanta *et al.*, 2012) grâce à leur capacité à propager des champignons mycorhyziens.

L'introduction dans les itinéraires sylvicoles des « plantes facilitatrices » ou « plantes nurses » capables de stimuler le développement des symbiotes fongiques dans le sol augmente le potentiel mycorhizien des sols (Duponnois *et al.*, 2001 ; Azcon-Aguilar *et al.*, 2003). L'objectif de cette étude est d'étudier l'apport des microorganismes du sol des plantes nurses afin de les intégrer dans le projet de restauration écologique du fragment forestier de Vohilahy. La question de recherche qui se pose : « comment les espèces pionnières facilitatrices ou plantes nurses améliorent-elles la qualité du sol? ». L'hypothèse est de vérifier si ces espèces peuvent améliorer les caractéristiques microbiologiques du sol.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Zone d'étude

L'étude a été menée dans le fragment forestier de Vohilahy, sur une superficie de 75,2 ha (en 2015) à proximité du village d'Ankorabe (S18°56'37''; E48°46'30''; 127 m). Elle se trouve à l'Est de Madagascar, dans la Commune rurale de Ranomafana-Est, District de Brickaville, Région Atsinanana. Des analyses ont été réalisées dans le Laboratoire Microbiologie sur l'Environnement du Centre National de Recherches sur l'Environnement à Antananarivo.

Inventaire floristique dans les jachères (recrus post-cultureaux d'âges différents)

La surface de relevé a été de 25 m² (carré de 5 m x 5 m) supérieure à l'aire minimale de 24 m² proposée par Pfund (2000) pour la végétation dans la zone d'étude. Une identification des espèces pionnières facilitatrices a été réalisée dans les 42 parcelles de jachères d'âges différents (tableau I). Des échantillons du sol ont été également collectés dans chaque parcelle et par espèce des plantes pionnières identifiées.

Tableau I. : Parcelles de jachères ou recrus post-agricoles

	Classes d'âges (années)				
Parcelles	]0-1]	]1-3]	]3-5]	]5-10]	]10-15]
Nombre	11	11	8	5	7

Comportement du sol rhizosphérique des espèces pionnières identifiées

Il s'agit de déterminer le taux de mycorhization des plants hautement mycotrophiques cultivés sur une série de dilution de sol. Le Potentiel Infectieux Mycorhizogène (PIM) est exprimé par le Nombre le plus Probable de Propagules (NPP) de mycorhizes dans chaque sol susceptibles de coloniser la plante.

Activité microbienne du sol colonisé par les espèces pionnières

Une solution tampon phosphate à pH 7,6 a été ajoutée dans les échantillons du sol préalablement tamisés à 2mm de maille. La réaction d'hydrolyse a été déclenchée en ajoutant le substrat FDA (sigma F7378) 1mg.ml⁻¹. Après 1h d'incubation à 30°C sous agitation, une solution d'acétone pure a été utilisée pour arrêter la réaction d'hydrolyse. L'activité microbienne globale du sol a été exprimée en µg de fluorescéine libérée par heure et par gramme du sol (µg de fluorescéine.h⁻¹.g⁻¹ de sol).

Dénombrement des microorganismes telluriques

Cinq grammes (5g) de chaque échantillon de sol ont été nécessaires pour la détermination de Bactérie Solubilisatrice de Phosphore (BSP) et de Rhizobium. Cent microlitres (100µl) de chaque dilution ont été prélevés et étalés dans des boîtes de pétri stériles (180°C, 30 min), contenant préalablement le milieu de culture avec trois répétitions pour chaque échantillon et chaque milieu de culture.

Analyse statistique des données

Les résultats ont été analysés par le logiciel Xlstat. Les données ont été traitées par l'ANOVA pour la comparaison des moyennes.

RESULTATS

Espèces pionnières inventoriées

Trois espèces pionnières les plus fréquentes ont été retenues lors des inventaires floristiques dans des parcelles de jachères.

Tableau II : Espèces pionnières retenues

Espèces	Familles	Fréquences (%)
<i>Solanumtorvum</i>	Solanaceae	30,3±13
<i>Psiadiaaltissima</i>	Asteraceae	27,6±22
<i>Lantana camara</i>	Verbenaceae	21,0±10

Comportement de sol colonisé par des espèces pionnières

Les sols rhizosphériques des trois espèces pionnières présentent des PIM différents (figure 1).

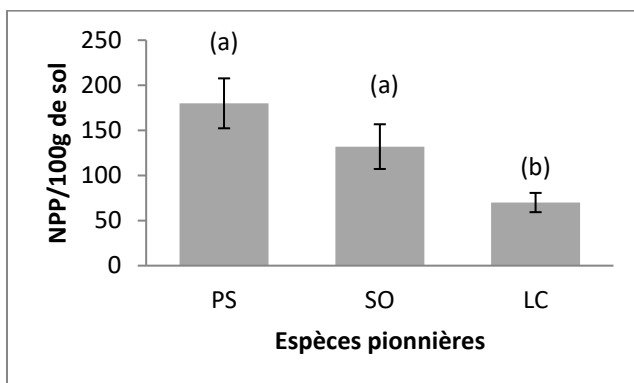


Figure 1 : .PIM de trois espèces pionnières (**PS** : *Psiadiaaltissima*, **SO** : *Solanumtorvum*, **LC** : *Lantana camara*)

Le NPP est significativement élevé dans le sol colonisé par *Psiadiaaltissima* et *Solanumtorvum* par rapport à celui de *Lantana camara*.

Activité microbienne globale du sol

Tous les sols colonisés par les plantes pionnières présentent une importante activité microbienne globale (figure 2).

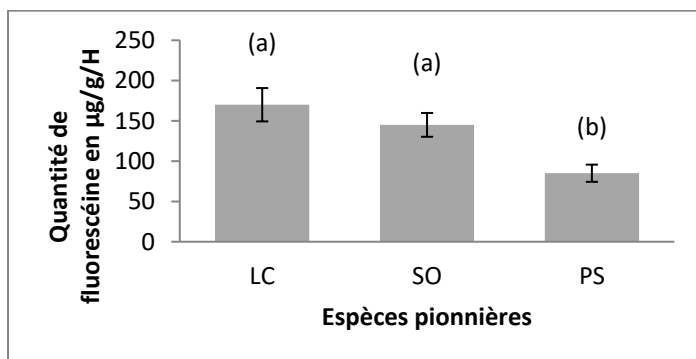


Figure 2. Activité microbienne globale des sols (**PS** : *Psiadiaaltissima*, **SO** : *Solanumtorvum*, **LC** : *Lantana camara*)

Ceci est significativement élevé chez *Lantana Camara* et *Solanumtorvum* par rapport à *Psiadiaaltissima*.

Microorganismes telluriques des sols sous les espèces pionnières facilitatrices

Bactérie Solubilisatrice de Phosphore (BSP)

Les différents procédés sur le dénombrement de BSP du sol rhizosphérique des espèces pionnières cibles ne montrent aucune différence significative sur l'ensemble de colonie bactérienne (figure 3).

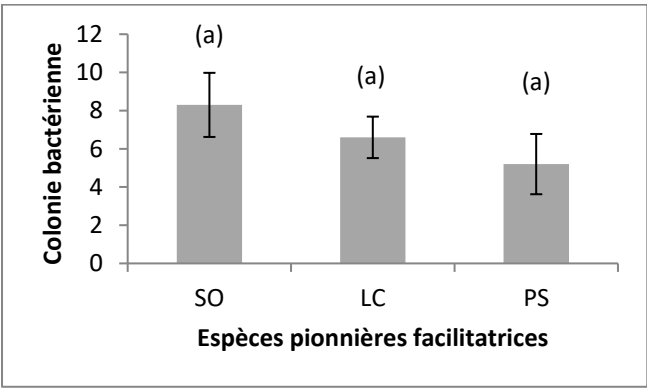


Figure 3 : Bactérie Solubilisatrice de Phosphore des espèces pionnières (PS : *Psiadiaaltissima*, SO : *Solanumtorvum*, LC : *Lantana camara*)

On peut conclure que ces trois espèces pionnières sont riches en BSP.

Rhizobium

Les différents procédés sur le dénombrement de *Rhizobium* des sols rhizosphériques des espèces pionnières cibles montrent une différence significative sur l'ensemble de colonie bactérienne avec *Lantana camara* et *Psiadiaaltissima* qui sont très riches en *Rhizobium*.

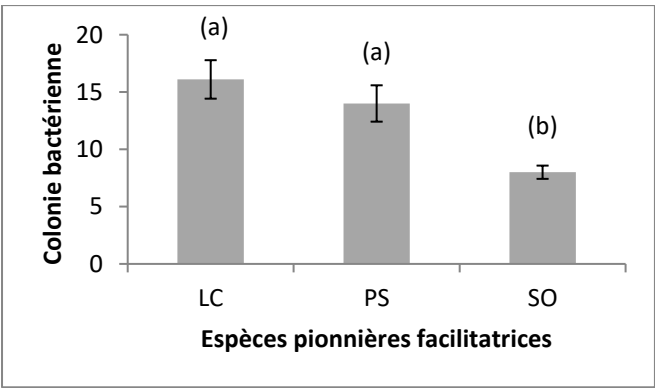


Figure 4 : Rhizobium des espèces pionnières (PS : *Psiadiaaltissima*, SO : *Solanumtorvum*, LC : *Lantana camara*)

DISCUSSION

Comportement rhizosphérique

Le PIM du sol est fortement lié à la dynamique des nutriments dans le sol et à la structure des communautés végétales épigées (Alexander *et al.*, 1992 ; Musokoet *et al.*, 1994 ; Sanon, 2009). Nos résultats se trouvent dans la gamme de ceux de Guadarrama *et al.* (2008) (4 et 421 propagules/100 grammes de sol sur des jachères).

Activité enzymatique

Certaines espèces de champignons mycorhiziens sont capables de produire des enzymes extracellulaires comme les *phosphatases* qui catalysent les réactions d'hydrolyse des phosphates organiques complexes et libèrent l'ion phosphate directement assimilable par les plantes (Dighton, 1983). Ainsi, nos résultats corroborent ceux de Chaussod (1996) qui affirment que les phosphatases acides constituent un indicateur potentiel de la fertilité des sols.

Implication dans un futur projet de restauration écologique

La mise en place d'un projet de restauration écologique (une technique à la fois écologique et à moindre coût) nécessite le choix des espèces «nurse» (Gómez-Aparicio *et al.*, 2004 ; Sánchez-Velásquez *et al.*, 2004). Les trois espèces des plantes pionnières (*Psiadiaaltissima*, *Lantana camara* et *Solanumtorvum*) retenues pour cette étude remplissent ces conditions. La restauration écologique doit obligatoirement considérer le moyen de maintenir, d'accroître et/ou de restaurer le PIM endogène du sol par le choix des espèces pionnières à utiliser (Sanon, 2009). Nos résultats montrent que ces trois espèces pionnières ont généré des PIM élevés au niveau du sol.

CONCLUSION

Ce travail a permis d'étudier l'apport des microorganismes du sol colonisé par les plantes pionnières afin de les intégrer dans le projet de restauration écologique du fragment forestier de Vohilahy. L'amélioration des caractéristiques microbiologiques du sol par ces espèces a été vérifiée en stimulant l'activité microbienne, la restauration des caractéristiques microbiologique et l'enrichissement en éléments nutritifs du sol.

L'exploitation de la potentialité des plantes nurses dans l'amélioration de la capacité d'adaptation des plantes dans les zones dégradées est connue actuellement comme étant une technique à la fois écologique et à moindre coût. Ce travail est loin d'être exhaustif, ainsi d'autre voie de recherche s'ouvre suite à cette étude qui est « l'étude sur la co-culture entre ces espèces pionnières facilitatrices et les espèces autochtones de Madagascar ».

REMERCIEMENTS

Cette étude a été financée par le projet JEAI-Explore (Jeune Equipe Associée à l'IRD-Explore). Nous tenons à remercier Dr Randriambanona Herizo, Andriamanantena Tolotra et Ranaivosoa-Toandro Sitrika pour leur aide pendant la collecte de données sur le terrain, Dr Andrianandrasana Doret, Dr Baohanta Rondo et Dr Ramanankierana Heriniaina pour leur expertise méthodologique, et Hervé Dominique et Avoarimanana Zoaina pour leur aide dans la préparation du manuscrit.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) Alexander I. J., Ahmad N., See L. S. (1992). The role of mycorrhizas in the regeneration of some Malaysian rainforest trees. *Philosophic Trans. R. Soc. Lond. B* 335: 379–388.
- 2) Azcon-Aguilar C., Palenzuela J., Roldan A., Bautista S., Vallejo R., Barea J. M.(2003). Analysis of the mycorrhizal potential in the rhizosphere of representative plant species from desertification-threatened Mediterranean shrublands. *Applied Soil Ecology*,14: 165–175.
- 3) Baohanta R. H., Thioulouse J., Ramanankierana H., Prin Y.(2012). Restoring native forest ecosystems after exotic tree plantation in Madagascar: combination of the local ectotrophic species *Leptolenabojeriana* and *Upacabojeri* mitigates the negative influence of the exotic species *Eucalyptus camaldulensis* and *Pinuspatula*. *Biological Invasions*, 14 (11):2407-2421.
- 4) Chaussod R.(1996). La qualité biologique des sols : des concepts aux applications. *C.R. Acad. Agric. Fr.* 88: 61-68.
- 5) Dighton J. (1983). Phosphatase production by mycorrhizal fungi. *Plant and soil.* 71 (1-3): 455-462.
- 6) Duponnois R., Plenchette C., Thioulouse J., Cadet P.(2001). The mycorrhizal soil infectivity and arbuscular mycorrhizal fungal spore communities in soils of different aged fallows in Senegal. *Applied Soil Ecology*, 17: 239-251.
- 7) Gómez-Aparicio L., Gómez J. M., Zamora R., Boettinger J. L.(2004). Canopy vs. soil effects of shrubs facilitating tree seedlings in Mediterranean montane ecosystems. *Journal of Vegetation Science*, 16 (2): 191-198
- 8) Goodman S. M., Benstead J. P.(2003).The natural history of Madagascar. Chicago, Londres. *The University of Chicago Press*.
- 9) Guadarrama P., Castillo-Argüero S., Ramos-Zapata J. A., Camargo-Ricalde S. L., Álvarez-Sánchez J.(2008). Propagules of arbuscular mycorrhizal fungi in a secondary dry forest of Oaxaca, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 56 (1): 269-277.

- 10) Harper G., Steininger M., Juhn D., Hawkins F.(2007). Fifty years of deforestation and forest fragmentation in Madagascar. *Environmental Conservation*,34 : 325-333.
- 11) Lovejoy L. E.(1997). «Biodiversity: what is it ?» Dans *Biodiversity II*, de M. L. Reaka-Kudla, D. E. Wilson, & E. O. Wilson, 7-14. Washington, D.C.: Understanding and Protecting Our Biological Resources.
- 12) Mayaux P., Holmgren P., Achard F., Eva H., Stibig H.-J, Branthomme A. (2005). «Tropical forest cover change in the 1990s and options for future monitoring.» *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 360, n°1454 : 373–384.
- 13) Musoko M., Last F. T., Mason P. A.(1994). Populations of spores of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in undisturbed soils of secondary semi deciduous moist tropical forest in Cameroon. *For. Ecol. Manage* 63: 359–377.
- 14) Pfund J. L.(2000). Culture sur brûlis et gestion des ressources naturelles. Evolution et perspectives de trois terroirs ruraux du versant Est de Madagascar. Thèse (EPFZ) Ecole polytechnique fédérale de Zurich n°13966, Suisse. 323pp.
- 15) Sánchez-Velásquez L. R., Quintero S., Aragón F., Pineda M. R.(2004). Nurses from *Brosimum alicastrum* reintroduction in secondary tropical dry forest. *Forest Ecology and Management*, 198: 401–404.
- 16) Sanon A, Andrianjaka Z. N., Prin Y., Bailly R., Thioulouse J., Comte G., Duponnois R.(2009). Rhizosphere microbiota interferes with plant-plant interactions. *Plant and soil*, 321(1-2): 259-278.

TREMPAGE-CUISSON DU HARICOT SEC **(*PHASEOLUS VULGARIS L.*) :** **IMPACT SUR LES FACTEURS ANTINUTRITIONNELS**

par

RAVONINJATOVO Mboahangy^(1,2), RANDRIAMAHATODY Zo⁽²⁾,
RAVONIZAFY Christine⁽²⁾, REJO Roger⁽²⁾, RANDRIANATORO Hery⁽²⁾,
RANDRIAMIDOSY Jean-Claude⁽²⁾, ANDRIAMAZAORO Herimihamina⁽³⁾,
SERVENT Adrien⁽⁴⁾, DORNIER Manuel⁽⁴⁾, RALISON Charlotte⁽¹⁾

(1) Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, Mention Biochimie Fondamentale et Appliquée, Ecole doctorale Sciences de la Vie et de l'Environnement, BP 906, Antananarivo 101, Madagascar

(2) Centre National de Recherches sur l'Environnement, BP 1739, Antananarivo 101, Madagascar

(3) Centre National de Recherches Appliquée au Développement Rural, BP 1690, Antananarivo 101, Madagascar

(4) Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, BP 5098, Montpellier 34093, France

RESUME

La présence de facteurs antinutritionnels dans le haricot sec (*Phaseolus vulgaris L.*) diminue la digestibilité et la biodisponibilité des nutriments. Différentes études sur les légumineuses ont montré que certains se lient aux protéines engendrant une diminution de leur utilisation, d'autres sont non digérés par l'organisme et provoquent des flatulences. Néanmoins divers procédés permettent de les atténuer. Cette étude se focalise sur l'étude d'une variété de haricot blanc (RI 52). L'objectif consiste à réduire les alpha-galactosides et les tanins par le procédé de trempage-cuisson. Après caractérisation biochimique du haricot, les évolutions des alpha-galactosides (raffinose et stachyose) et des tanins ont été suivies avec un ratio graines : eau connu, des températures et durées fixées. Les alpha-galactosides ont été analysés par chromatographie liquide haute performance et les tanins par spectrophotométrie UV-VIS. Les résultats ont montré que RI 52 est source de protéines (22,01%), glucides (71,80%) et minéraux (4,75%). Après trempage et cuisson maîtrisés les alpha-galactosides et les tanins ont été réduits. Les alpha-galactosides ont diminué de manière importante (65,50%) entre 30°C et 65°C. Les tanins sont diffusés dans l'eau de trempage (78%) mais moins réduits par la cuisson (52%). Lors du trempage, l'eau pénètre dans la graine favorisant la diffusion des composés hydrosolubles (stachyose, tanins) tandis que la cuisson permet la réduction des composés thermolabiles (raffinose). Une maîtrise du trempage-cuisson est

importante pour diminuer la quantité de facteurs antinutritionnels et rendre les nutriments plus disponibles.

Mots-clés : *Haricot, trempage-cuisson, réduction facteurs antinutritionnels, alpha-galactosides, tanins.*

ABSTRACT

The prevalence of anti-nutritional factors in dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) decreases the digestibility and bioavailability of nutrients. Studies on legumes indicate that some of them bind with proteins, resulting reduction in their use, others are indigestible by the organism and can cause flatulence. However, they can be reduced by several processes. This research focuses on the study of a white bean variety (RI 52). The aim is to reduce alpha-galactosides and tannins through dipping and cooking process. After bean biochemical characterisation, the evolution of these compounds was followed up with a defined seed-to-water ratio, temperatures and durations. Alpha-galactosides were analyzed by high performance liquid chromatography and tannins with UV-VIS spectrophotometry. The results revealed that RI 52 is a source of protein (22.01%), carbohydrates (71.80%) and minerals (4.75%). After dipping and cooking, the alpha-galactosides and tannins were reduced. Alpha-galactosides decreased significantly (65,50%) between 30°C and 65°C. The tannins are diffused in the soaking water (78%) but less reduced by cooking (52%). The dipping process ensured a significant diffusion (78%) of tannins in water as compared to the cooking process (52%). During soaking, the water goes into the seed, allowing the diffusion of water-soluble compounds (stachyose, tannins), while cooking reduces the quantity of thermolabile compounds (raffinose). Controlling dipping and cooking are important to reduce the quantity of anti-nutrients and improve the availability of nutrients.

Key words : *Bean, dipping-cooking, reduction of anti-nutrients factors, alpha-galactosides, tannins*

INTRODUCTION

Madagascar dispose d'énormes potentialités en ressources alimentaires parmi lesquelles figurent les légumineuses. Ce sont des plantes à graines qui tolèrent la sécheresse, s'adaptent à différentes conditions de culture et connues par leur richesse en différents éléments nutritifs (Schneider, 2015). Même si elles tiennent une place importante dans l'agriculture malgache, leur production reste insuffisante, de l'ordre de 80.000 tonnes sur une superficie de 83.000 ha. Les plus cultivées à Madagascar

sont le haricot, le pois du cap et l'arachide en coque (FAO, 2010). Les principales régions productrices se situent sur les hauts plateaux : Vakinankaratra et Fianarantsoa, le moyen et le sud-ouest : Morombe, Manja, Menabe, Toliara et l'Androy.

Le haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) constitue une légumineuse peu coûteuse, riche en macronutriments comme les protéines, les glucides et en micronutriments tels que le phosphore, le potassium et le magnésium (Costa, 2006). Des études ont montré que la consommation régulière de légumineuses comme le haricot peut aider à prévenir des maladies comme le diabète de type II, les problèmes cardiovasculaires et l'obésité (Dilis, 2009 ; Raju, 2009). Toutefois, en raison de la présence de facteurs antinutritionnels tels que les phytates, les inhibiteurs de trypsine, les tanins et les alpha-galactosides, la digestibilité et la biodisponibilité des nutriments sont limitées (Fleming, 1981 ; Reddy, 1984 ; Gomes Basso Los, 2018). La réduction voire l'élimination de ces facteurs antinutritionnels est donc essentielle pour l'amélioration de la qualité nutritionnelle du haricot et la promotion de sa consommation en tant qu'aliment nutritif. Des procédés thermiques, chimiques et biologiques sont utilisés pour les réduire. D'après une étude réalisée sur une variété de haricot (*Phaseolus vulgaris* L.), le trempage pendant 12 heures permet de réduire les alpha-galactosides de 41%. Cette diminution est le résultat d'une diffusion des composés dans l'eau de trempage (Shimelis, 2006). Selon une autre étude, un trempage de 12 heures a réduit de 28,75% la teneur en tanins du haricot, après cuisson de 1 heure 30 minutes elle a diminué de 59,81%. Un trempage-cuisson-fermentation a fait baisser cette teneur de 89,17% (Barampama, 1994).

La présente étude est axée sur une variété de haricot blanc (RI 52) produite par le DRA du FOFIFA. L'objectif principal est de réduire les facteurs de flatulences (alpha-galactosides) et de maux d'estomac (tanins) par trempage-cuisson maîtrisé. Spécifiquement, il s'agit de (i) déterminer les caractéristiques nutritionnelles de la variété (ii) tremper et cuire les graines à des conditions maîtrisées du procédé de trempage-cuisson (iii) et de suivre l'évolution des alpha-galactosides et des tanins à partir des graines traitées.

MATERIELS ET METHODES

Matériels

Une nouvelle variété de haricot blanc (lingot blanc): RI 5-2 Ranjon'omby1 FOFIFA, fournie gracieusement par le FOFIFA, constitue le matériel d'étude. Elle est issue du croisement de la variété locale RANJONOMBY avec la variété noire IKINIMBA (introduite de Rwanda) et d'autres parents à caractères intéressants

(résistance aux principales maladies du haricot comme la rouille, l'anthracnose ou la tâche angulaire).

Procédé de trempage et de cuisson

Le choix des barèmes temps/température/ratio graines-eau s'est basé sur les résultats d'expérimentations antérieures.

Modalité de trempage

Le trempage a été effectué avec un ratio graines/eau : 1/5 (m/v) pendant 8 heures. Les graines ont été mises à tremper à 30°C dans des ballons placés dans un bain thermostaté. L'eau utilisée a été distillée.

Modalité de cuisson

Pour la cuisson des graines, le ratio graines/eau : 1/5 (m/v) a été également utilisé et la durée fixée à 2 heures. Les graines ont été placées dans des ballons contenant de l'eau distillée, préalablement chauffée à 100°C, dans un bain thermostaté.

Préparation des échantillons avant analyses

Les graines non traitées ont été directement broyées en farine pour la caractérisation biochimique.

Les grains traitées, après trempage et cuisson, ont été lyophilisées puis broyées au moulin à café et au broyeur à couteaux Perten afin d'avoir une granulométrie entre 300 et 500µm.

Les poudres obtenues sont conservées au congélateur dans des récipients hermétiques pour les différentes analyses.

Méthodes de dosage des composés

Caractérisation nutritionnelle

Détermination des protéines

La teneur en protéines totales est déterminée par la méthode de Kjeldahl. Une minéralisation est d'abord effectuée en introduisant dans un matras 0,5g d'échantillon additionné de 25ml d'acide sulfurique concentré et de catalyseur composé de CuSO_4 et K_2SO_4 . La distillation est par la suite réalisée en présence d'hydroxyde de sodium, le distillat contenant l'ammoniac est dosé avec une solution d'acide sulfurique 0,1N. La teneur en protéines est obtenue en multipliant la teneur en azote total par le facteur de conversion 6,25 (AFNOR, 1993).

Détermination des lipides

Pour les lipides totaux, la méthode utilisée est basée sur l'extraction à reflux de la matière grasse brute contenue dans 5g d'échantillon par l'éther de pétrole à l'aide d'un Soxhlet (Wolff, 1991). Le solvant est ensuite évaporé sous pression réduite. La teneur en lipides totaux est déterminée par gravimétrie.

Détermination des cendres brutes

La teneur en cendres brutes est obtenue par incinération progressive de l'échantillon à 550°C jusqu'à obtention de cendres de couleur blanche ou grise. Une quantité de 5g de farine est prélevée et mise dans un creuset en porcelaine. Le creuset est pesé avant et après incinération (AFNOR, 1989).

Détermination des glucides

Le taux de glucides totaux est déduit de la différence entre la teneur en extrait sec et la somme des teneurs en protéines, lipides et cendres brutes (Adrian, 1995). Il est obtenu selon la formule ci-dessous :

$$GT \% = 100 - (P \% + MG \% + C \%)$$

avec :

GT : teneur en glucides totaux pour 100 g de MS

P % : teneur en protéines pour 100 g de MS

MG % : teneur en matières grasses pour 100 g de MS

C % : teneur en cendres pour 100 g de MS

(MS : matière sèche)

Caractérisation des facteurs antinutritionnels

Détermination des tanins

La méthode utilisée est celle décrite par Porter *et al.* (1986) avec quelques modifications. Elle permet de doser les tanins condensés. Ces derniers sont hydrolysés en présence d'HCl et de fer sulfate à chaud. Environ 50mg d'échantillon est mis dans un tube en verre auquel est ajouté 6ml du nButanol/HCl (95/5) et 200µl de solution ferrique. Le tout est agité au vortex et chauffé dans un bain à 95°C pendant 45 minutes. Le mélange est centrifugé à 6000rpm pendant 5min à 4°C. Les unités intermédiaires sont alors converties en anthocyanes colorés (rouge) et quantifiées par densité optique au spectrophotomètre à 550nm.

Une gamme étalon de tanins est ensuite préparée pour servir de témoin.

En reportant les points de la gamme étalon sur un graphique avec en abscisses, la concentration en tanins (mg/ml) et en ordonnées, la densité optique mesurée à 550nm, on peut tracer la droite de régression linéaire dont l'équation est :

$$D.O. 550nm = a * [Tanins] + b$$

Après détermination de la valeur des paramètres « a » et « b », il est possible de déduire la quantité de tanins de l'échantillon.

$$\text{Tanins (g/100g MS)} = ((DO-b)*D/(a*ms))/(1000*100)$$

avec :

[Tanins] : concentration en tanins en mg/ml

Tanins (g /100g de MS) : quantité de tanins en g/100g de MS

D.O. 550nm : Densité Optique à 550nm

a : pente de la droite de régression

b : ordonnée à l'origine de la droite

D : facteur de dilution

MS : matière sèche initiale de l'échantillon à analyser (mg)

Détermination des alpha-galactosides (stachyose et raffinose)

La méthode utilisée est celle de Sanchez-Mata et *al.* (1998) avec quelques modifications.

Le dosage comporte deux étapes :

- L'extraction du raffinose et du stachyose : 250mg de poudre de haricot et 12ml d'éthanol à 80% sont mis au bain-marie à 55°C sous agitation pendant 45 min et agité au vortex toutes les 10 min. Le mélange est centrifugé à 1900g durant 30min à 15°C. Le surnageant (S1) est récupéré dans un tube de 45ml. Le culot est repris dans 12ml d'éthanol et l'opération précédente est renouvelée deux fois. A la fin, trois surnageants sont récupérés (S1, S2, S3), mélangés et filtrés avec un filtre à 0,45µm.

- Quantification du raffinose et du stachyose : la chromatographie liquide haute performance (CLHP) a été utilisée avec une colonne NH₂ et un détecteur d'aérosols chargés (CAD), la phase mobile étant l'acétonitrile-eau (70 :30), et le débit est fixé à 1,2ml/min.

RESULTATS

Caractéristiques nutritionnelles

Le tableau 1 donne les teneurs en macronutriments et la valeur énergétique de la variété RI 52 étudiée.

Tableau 1 : Composition nutritionnelle

Variété	Protéines (% MS)	Lipides (% MS)	Cendres brutes (% MS)	Glucides (% MS)	Valeur énergétique (Kcal/100g MS)
RI 52	22,01±0,05	1,44±0,04	4,75±0,07	71,80	385

MS : Matière Sèche

RI 52 est source de glucides (71,80%) et de protéines (22%) mais pauvre en lipides (1,44%). La teneur élevée en cendres brutes (4,75%) témoigne sa richesse en éléments minéraux.

Evolution des teneurs en facteurs antinutritionnels au cours du procédé de trempage-cuisson

Evolution de la teneur en alpha-galactosides

Les figures 1 et 2 présentent les effets du trempage-cuisson sur les alpha-galactosides.

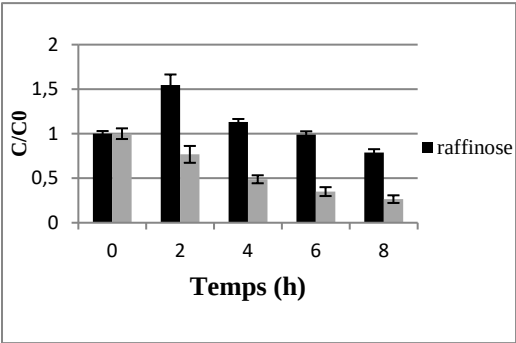


Figure 1 : Evolution des alpha-galactosides au cours du trempage

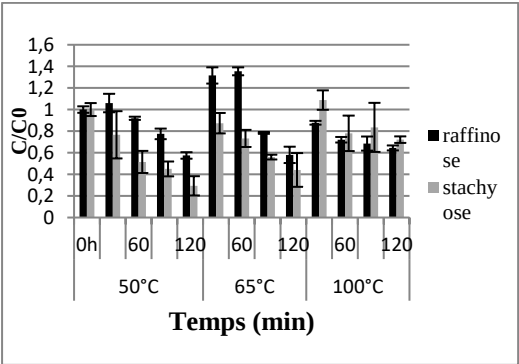


Figure 2 : Evolution des alpha galactocides au cours de la cuisson

Les alpha-galactosides dans les graines sont constitués en majorité par le stachyose, avec une teneur de 2,28%, le raffinose est faiblement présent, seulement à 0,59%.Après trempage et cuisson à différentes températures, les teneurs en stachyose et en raffinose des graines ont diminué. Après 2h de trempage, une augmentation de 54% du raffinose a été observée. Un trempage de 8h a permis la diminution maximale du stachyose et du raffinose respectivement de 73,5% et de 21%. Après 2 heures de cuisson, une réduction de 70,65% du stachyose et de 42,52% du raffinose a été notée.

Evolution de la teneur en tanins

L'évolution des tanins au cours du trempage-cuisson est montrée dans les figures 3 et 4.

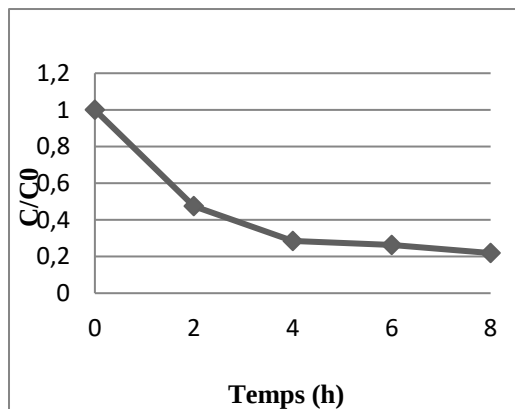


Figure 3 : Evolution des tanins au cours du trempage

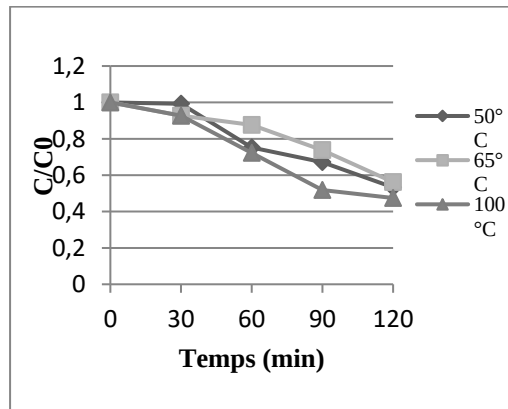


Figure 4 : Evolution des tanins au cours de la cuisson

Les tanins sont réduits avec le temps au cours du trempage et de la cuisson. Un trempage de 8h a permis une diminution de 78%. Après 2h de cuisson à 50°C, 65°C et 100°C les réductions sont respectivement de 46,72%, 43,80% et 52%.

DISCUSSION

Composition nutritionnelle

Avec des teneurs en glucides totaux se situant à 71,80%, les graines constituent une bonne source d'énergie. Toutefois, la variété étudiée est pauvre en lipides, il s'agit donc d'une protéagineuse. Par rapport à la teneur en protéines du haricot blanc rapportée par Wang *et al.* (2009), celle étudiée est moins élevée : 24,49% vs 22,01%. Mais elle est comparable à celle rapportée par Fialho *et al.*, 2006 qui est de 22,17%. Ces variabilités peuvent être d'origine génotypique ou environnementale (lieux et conditions de culture, durée de stockage des graines...). La teneur élevée en cendres des graines avec une moyenne de 4,75 % traduit une richesse en éléments minéraux par rapport à celles des céréales qui se situent autour de 1,8 % (Feinberg, 1991). La teneur moyenne en lipides est relativement faible de l'ordre de 1,13-1,81% (Fialho *et al.*, 2006).

D'une vue générale, la composition nutritionnelle de la variété étudiée est en accord avec celles rapportées dans la littérature.

Evolution des teneurs en facteurs antinutritionnels au cours du trempage-cuisson

Les teneurs en alpha-galactosides de RI 52 sont à peu près les mêmes que pour le niébé : le stachyose y est présent à 1,7-6,0% et le raffinose à 0,5-1 % (Gonçalves *et al.*, 2016). La réduction de la teneur en alpha-galactosides au cours du procédé est due à leur diffusion dans l'eau de trempage-cuisson, à leur hydrolyse thermique en di- et monosaccharides lors de la cuisson ou à la formation d'autres composés. Ce phénomène pourrait aussi être dû à une autolyse au cours du trempage ou de la cuisson et leur diffusion dans l'eau de trempage-cuisson (Onigbinde et Akinyele, 1983). De plus, l'activation de l'alpha-1,6-galactosidase endogène au cours du trempage conduit à la libération du galactose terminal de l'alpha-galactoside. Ainsi, le stachyose se dégrade en raffinose+galactose conduisant à l'augmentation du raffinose après 2h de trempage. D'après Upadhyay et Garcia (1988), la différence de réduction entre ces deux alpha-galactosides est due à la différence de solubilité et de vitesse de diffusion de chaque alpha-galactoside dans l'eau de trempage-cuisson.

Les tanins sont plus affectés par le trempage que par la cuisson à cause de leur nature thermostable. Leur réduction pourrait être due à la diffusion des tanins solubles dans l'eau (Nikmaram *et al.*, 2017). Ces résultats sont en contradiction avec ceux rapportés par Yasmin *et al.* (2008) où la quantité de tanins reste inchangée après 9h de trempage avec l'eau distillée. Les tanins étant des inhibiteurs d'enzymes digestives ayant la particularité de diminuer la digestibilité des nutriments spécifiquement les protéines (Goldstein et Swain, 1965), il est important de les éliminer le plus possible.

CONCLUSION

La variété RI 52 est une légumineuse à forte potentialité pour la consommation humaine par sa richesse en protéines, glucides et minéraux. Néanmoins, des traitements sont nécessaires pour faire diminuer les facteurs antinutritionnels. Le procédé de trempage-cuisson est une méthode efficace, à moindre coût et facile à pratiquer au sein des ménages pour les réduire. Le trempage permet la diffusion des composés hydrosolubles, dans l'eau de trempage tandis que la cuisson favorise la diminution et l'élimination des composés dégradés par la chaleur. Cependant, le trempage ou la cuisson seul ne permet pas d'optimiser le procédé. Une maîtrise des conditions du trempage-cuisson est essentielle pour éviter la perte d'éléments nutritifs. Par ailleurs, l'obtention de graines traitées permettra de fabriquer des produits dérivés de qualité nutritionnelle améliorée et de qualité organoleptique acceptable.

REMERCIEMENTS

L'ensemble de l'étude a été réalisé au Laboratoire Appliqué aux Sciences de l'Alimentation et à la Nutrition (LABASAN) de la faculté des Sciences (université d'Antananarivo), au département PERSYST (Performances des systèmes de production et de transformation) du CIRAD Montpellier et au Centre National de Recherches sur l'Environnement (CNRE) Antananarivo. Nos remerciements s'adressent à toutes les équipes qui ont contribué à la réalisation de cette étude.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) AFNOR, (1989). Contrôle de la qualité des produits alimentaires. Méthodes d'analyse officielle, Paris : AFNOR.374p.
- 2) AFNOR, (1991). Echantillonnage, contrôle et agroalimentaire, 3^e éd, Paris : AFNOR, p.125-193.
- 3) AFNOR, (1993). Corps gras, graines oléagineuses, produits dérivés, Paris : AFNOR.663p.
- 4) Adrian, J. ; Potus, J. ; Frangne, R.(1995). La science alimentaire de A à Z, 2^e éd, Paris :Lavoisier, 477p. (Techniques et documentation)
- 5) Barampama, Z., Simard, R.E.(1994). Oligosaccharides, antinutritional factors, and protein digestibility of dry beans as affected by processing. *Journal of Food Science*, 59 (4): 833-838.
- 6) Costa, G. E. ; Queiroz-Monici, K. ; Reis, S. ; Oliveira, A. C.(2006). Chemical composition, dietary fiber and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chemistry*, 94 : 327-330.
- 7) Dilis, V. ; Trichopoulou, A.(2009). Nutritional and health properties of pulses. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 1 : 149-57.
- 8) Dupin, H.(1992). Besoins nutritionnels :Apports conseillés pour la satisfaction de ses besoins). In : Dupin, H., Cuq, J.L., Malewiak, M.I. *Alimentation et nutrition humaines*, Paris : ESF. p 290-385.
- 9) Fao, (2010). Mission d'évaluation de la sécurité alimentaire à Madagascar. Système mondial d'information et d'alerte rapide sur l'alimentation et l'agriculture de la FAO, programme alimentaire mondial.
- 10) Feinberg, M. ; Favier, J.C. ; Laussucq, C.(1991). Répertoire général des aliments: table de composition. Paris: Lavoisier, 291p.(Techniques et documentation)
- 11) Fialho, L.D.S. ; Guimaraes, V.M. ; Barros, E.G. ; Moreira, M.A. ; Dias, L.A.D.S. ; Oliveira, M.G.D.A. et al.,(2006). Biochemical

Composition and Indigestible Oligosaccharides in *Phaseolus vulgaris* L. seeds. *Plant foods for human nutrition* 61, 87-89.

- 12) Fleming, S. E.(1981). A study of relationship between flatus potential and carbohydrate distribution in legume seeds. *Journal of Food Science*, 46 :794-798.
- 13) Goldstein, J.L. ; Swain, T.(1965). The inhibition of enzymes by tannins. *Phytochemistry*, 4 : 184-192.
- 14) Gomes Basso Los, F. ; Zielinski, A.A.F ; Wojeicchowski, J.P. ; Nogueira, A. ; Demiate, I.M.(2018). Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): whole seeds with complex chemical composition. *Food Science*, 19 :63-71.
- 15) Gonçalves, A. ; Goufo, P. ; Barros, A. ; Domínguez-Perles, R. ; Trindade, H. ; Rosa, E.A. , *et al.*(2016). Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp), a renewed multipurpose crop for a more sustainable agri-food system: nutritional advantages and constraints. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 96, 2941–2951.
- 16) Nikmaram, N. ; Leong, S.Y. ; Koubaa, M. ; Zhu, Z. ; Barba, F.J. ; Greiner, R. ; Oey, I. ; Roohinejad, S.(2017). Effect of extrusion on the anti-nutritional factory of food product : an overview. *Food Control*, 79 : 62-73.
- 17) Onigbinde, A.O. ; Akinyele, I.O.(1983). Oligosaccharide content of 20 varieties of cowpeas in Nigeria. *Journal of Food Science*, 48 :1250-1254.
- 18) Poisson, J. P.(1991). Métabolisme des acides gras essentiels in: Lemonnier, D. ; Ingenbleek, Y. ; Henner, T. *Alimentation et nutrition dans les pays en voie de développement*, Paris: Karthala. P. 464-476.
- 19) Porter, L. J. ; Hrstich, L. N. ; Chan, B. G.(1986). The conversion of Procyanidins and prodelphinidins to Cyanidin and Delphinidin. *Phytochemistry*. 25(1), 223-230.
- 20) Raju, J. ; Mehta, R.(2009). Cancer chemopreventive and therapeutic effects of diosgenin, a food saponin. *Nutrition and Cancer*, 61 : 27-35.
- 21) Reddy, N. R. ; Pierson, M. D. ; Sathe, S. K. ; Salunkhe, D. K. (1984). Chemical, nutritional and physiological aspects of dry bean carbohydrates. *A review Food Chemistry*, 13 :25-68.
- 21) Sanchez-Mata, M.C. ; Penuela-Teruel, M.J. ; Camara-Hurtado, M. ; Diez-Marques, C. ; Torija-Isasa, M.E. (1998). Determination of mono-, di-, and oligosaccharides in legumes by high performance liquid chromatography using an amino-bonded silica column. *Food Chemistry*, 46 : 3648-3652.

- 22) Shimelis, E. ; Rakshit, S.K.(2006). Effect of processing on antinutrients and in vitro protein digestibility of kidney bean (*Phaseolus vulgaris L.*) varieties grown in East Africa. *Food Chemistry*, 103 :161-172.
- 23) Schneider, A. ; Huyghe, C.(2015). Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables, 473p. Paris : Edition Quae.
- 24) Upadhyay, J.K. ; Garcia, V.V. (1988). Effect of soaking and cooking on reduction of oligosaccharides of cowpea (*Vigna unguiculata (L.) Walp.*) *Philippines Journal of Food Science and Technology*, 12 : 21-28.
- 25) Wang, N. ; Hatcher, D.W. ; Tyler, R.T. ; Toews, R. ; Gawalko, E.J.(2010). Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris L.*) and chickpeas (*Cicer arietinum L.*).*Food Research International*, 43 : 589-594.
- 26) Wolff J.P.(1991). Analyse et dosage des lipides. In Multon J.L. *Technique d'analyse et contrôle dans les industries Agroalimentaire*. Paris : Lavoisier, p.157-199. (Technique et documentation ; 4).
- 27) Yasmin, A. ; Zeb, A. ; Khalil, A. ; Paracha, G. ; Khattak, A.(2008). Effect of processing on anti-nutritional factors of red kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) grains. *Food and Bioprocess Technology*, 1 :415-419.

IMPORTANCE DE L'EFFET CONJOINT DE LA CULTURE DE MANGUES AMELIOREE : DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE ET PROTECTION ENVIRONNEMENTALE

par

ANDRIAMIFIDINIAINA Josoa Hermann⁽¹⁾ ; RAZAFINDRAIBE Rolland⁽²⁾ ;
RAMANANARIVO Romaine⁽³⁾ ; RANAIVOSON Rado⁽¹⁾ ; RATOVO Abel⁽¹⁾ ;
RABEMANJARA Arnaud⁽¹⁾

- (1) Université d'Antananarivo, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Ecole doctorale Agro-Management, Ankatso, Antananarivo 101, Madagascar
- (2) Professeur, Centre National de Recherches Appliquée au Développement Rural (FOFIFA), BP 1690, Antananarivo 101, Madagascar
- (3) Professeur, Université d'Antananarivo, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Ecole doctorale Agro-Management, Ankatso, Antananarivo 101, Madagascar

RESUME

Cet article a porté sur la valorisation de la culture des mangues améliorées dans le Nord Ouest de Madagascar. Toutes les conditions nécessaires pour la culture des manguiers sont disponibles dans cette Région. La culture des mangues fait partie des investissements pérennes. Elle contribue au développement économique de la région en créant des valeurs ajoutées significatives. La plupart des meilleures variétés commercialisées actuelles se trouvent dans la commune de Belobaka, du District de Mahajanga II. Les mangues améliorées tiennent une part de marché importante au niveau du marché de fruit national et international. La consommation de mangue progresse et cette tendance devrait se poursuivre. Les mangues sont des fruits exotiques riches en vitamine. Pour les producteurs, elles constituent non seulement une source de revenu mais aussi elles contribuent à améliorer l'alimentation de la population locale. La transformation de la mangue connaît également une phase de croissance, tant pour les denrées alimentaires que pour la valorisation de sous-produits du fruit encor peu ou mal exploités. La dégradation de l'environnement dans la Région étant flagrante, le développement de la culture des mangues améliorées contribuera à tirer profit de l'effet conjoint produit et porteur au niveau national, surtout dans le développement et l'utilisation des meilleures approches pour la protection de l'environnement. La plantation des manguiers constitue l'une des solutions durables pour lutter contre la déforestation. Cette culture conduit à la maîtrise du feu de brousse et à la préservation du sol contre l'érosion.

L'évolution de ce secteur est donc un sujet majeur à discuter dans un cadre de réflexion stratégique concernant la Région.

Mots clés : *Investissements pérennes, Valeur ajoutée, exotiques, flagrante, leader, valorisation*

ABSTRACT

This article focused on the enhancement of the cultivation of improved mangoes in northwestern Madagascar. All the necessary conditions for growing mango trees are available in this Region. The cultivation of mangoes is one of the sustainable investments. It contributes to the economic development of the region by creating significant added values. Most of the best varieties on the market today are found in the municipality of Belobaka, Mahajanga II District. Improved mangoes hold a significant market share in the domestic and international fruit market. Mango consumption is increasing and this trend is expected to continue. Mangoes are exotic fruits rich in vitamin. For producers, they are not only a source of income but also help to improve the diet of the local population. Mango processing is also experiencing a period of growth, both for food and for the valuation of fruit by-products that are little or poorly exploited. As environmental degradation in the Region is glaring, the development of the cultivation of improved mangoes will help to take advantage of the joint effect produced and bearer at the national level, especially in the development and use of best approaches to environmental protection. Planting mango trees is one of the sustainable solutions to combat deforestation. This culture leads to the control of the bushfire and the preservation of the soil against erosion. The evolution of this sector is therefore a major topic to be discussed in a strategic reflection frame work concerning the Region.

Keywords: *Sustainable investments, Value added, exotic, blatant, leader, valuation*

INTRODUCTION

Le monde agricole doit actuellement faire face à deux grands défis. Tout d'abord, la population mondiale devant atteindre 9 milliards de personnes en 2050 selon l'ONU. La mangue est la cinquième production fruitière dans le monde, après la banane, la pomme, le raisin et les agrumes (FAO 2018). La mangue est un fruit prisé dont la demande ne fait qu'augmenter en Europe et aux Etats-Unis.

La production de mangue varie fortement selon la zone de culture, du verger ou de l'itinéraire technique. Selon les références, les rendements varient entre 2 tonnes par hectare et 30 tonnes par hectare (Crane, 2008 ; Menzel et Le Lagade, 2017).

Les conditions climatiques, géologiques et pédologiques ont conféré à la région une vocation agricole, avec une forte potentialité en culture vivrière, de rente et fruitière.

Les conditions naturelles de la région contribuent à la diversification des formations végétales, offrant d'importantes ressources, nonobstant la déforestation rapide des dix dernières années à cause des feux de brousse et de l'utilisation massive du bois de chauffe. L'exploitation illicite est un fléau de plus qui continue d'ailleurs de miner le secteur.

Les mangues greffées donnent lieu à une culture et à une commercialisation importante. La production des mangues améliorées porte beaucoup d'espoir de développement au niveau régional ou national, elle a également fait preuve de conservation de la ressource naturelle.

La mangue est un fruit climactérique par une augmentation de la production d'éthylène au début de la maturation. Ceci permet une récolte anticipée le fruit continuant sa maturation après la récolte, ce qui est un atout pour l'export (Mukherjee et Liz, 2009 ;Nordey, 2014).

Le manguiier est un arbre assez résistant, cependant il supporte difficilement des températures inférieures à 5°C, qui, même sur une courte durée, lui sont généralement fatales. Sa température de développement optimale est entre 23 et 27°C, mais il peut résister à des fortes chaleurs (supérieurs à 45°C) lorsqu'il est ombragé par des haies.

Le manguiier peut atteindre 45m de hauteur et vivre des centaines d'années. La première production a lieu généralement au bout de deux ans et demi ou trois ans après la greffe de l'arbre et il est considéré comme juvénile jusqu'à 7 ans (Crane, 2008 ; Mukherjee and Litz, 2009.)

La répartition des pluies au cours de l'année est plus importante que le cumul annuel. En effet, une alternance de saison sèche et humide est nécessaire à la culture du manguiier ; une saison sèche entraîne le repos végétatif et favorise la floraison (Normand, 2009 ; Gerbaud, 2015).

La mangue est un fruit agricole tropical comestible qui constitue pour les pays producteurs un fruit stratégique en termes de création de valeur ajoutée, d'amélioration de la santé, de protection de l'environnement et de développement.

La Région Boeny est le fournisseur principal des mangues au niveau national. Des variétés des mangues améliorées sont disponibles au niveau de ladite région. Face à cette situation la question se pose : comment assurer le développement de la

culture des mangues améliorées pour l'amélioration des niveaux de vie des paysans et en tant que culture protectrice de l'environnement ?

Pour élucider cette situation, les deux questions de recherches ci-après méritent d'être posées :

- Quels sont les impacts de la culture des mangues améliorées dans la vie quotidienne des paysans

- Dans quelle mesure la culture des mangues améliorées contribuent-elle à la protection environnementale ?

L'objectif global de cet article est de promouvoir le développement la culture des mangues améliorées pouvant favoriser les niveaux de vie des paysans et la protection de l'environnement.

Les objectifs spécifiques qui en découlent sont :

- Déterminer les effets de la culture des mangues améliorées dans la vie des paysans

- Identifier les avantages de cette culture pour la protection de l'environnement

Les hypothèses sont les suivantes :

- La production des mangues améliorées représente le plus important revenu économique

- La culture des mangues améliorées favorise la protection de l'environnement

Les résultats attendus sont :

- Les impacts de la culture des mangues améliorées dans la vie des paysans seront déterminés ;

- Les avantages de cette culture pour la protection de l'environnement seront identifiés.

Cet article se subdivise en trois parties. La première expose les différents matériels et méthodes développés au cours de la recherche, ainsi que les démarches communes et relatives à chacune des hypothèses formulées. La deuxième partie présente les résultats concernant l'impact de la culture des mangues améliorées dans la vie des paysans et les avantages de cette culture pour la protection de l'environnement. La troisième et dernière partie porte sur l'analyse des résultats et la proposition de quelques solutions, suivie des discussions et des recommandations en vue d'améliorer la production des mangues améliorées dans le Nord Ouest de Madagascar.

MATERIELS ET METHODES

Matériels

Justifications choix article

La mangue constitue une source de revenu pour les paysans producteurs et contribue à améliorer l'alimentation des populations locales. De ce fait, dans le cadre de la politique de développement des filières agricoles, la filière mangue a été retenue comme une des filières porteuses pour le Nord Ouest de Madagascar. La mangue, consommée fraîche, est un fruit très apprécié. Sa valeur diététique est due principalement sa teneur en sucres et en vitamines.

La production des mangues améliorées contribue à la sécurité alimentaire de la région et à la protection de l'environnement. Toutefois, la Région alimente des mangues améliorées au niveau du marché national

L'exportation des produits fruitiers, incluant la mangue fraîche ou séchée, vers des pays de la sous région, de l'Europe et de l'Asie constitue une source d'entrée notable de devises pour l'économie burkinabé. Ces exportations représentent une valeur d'environ un milliard cent trente millions de francs CFA (1 130 000 000 francs CFA) en 2002 pour la mangue séchée (JUDICOME, 2004). La mangue occupe la première place en terme de production et d'exportation de fruits au Burkina Faso. sa production annuelle est environ 150 000 tonnes (Fogue et *al.*, 1998).

Le secteur agroalimentaire, permet de passer d'une économie de subsistance à une économie de marché en créant une nouvelle dynamique de forte valeur ajoutée.

La restauration forestière est le complètement incontournable de tout le programme de conservation de la biodiversité. Le développement de la plantation des mangues améliorées fait partie des solutions pérennes. Le manguier est un grand arbre pérenne qui vit plusieurs centaines d'année s'il est bien entretenu.

Justification des zones d'étude

Le climat de la région est de type tropical sec, chaud pendant 7 mois, et 5 mois de saison pluvieuse. Il est rythmé par l'alternance d'une saison pluvieuse qui s'étale généralement d'octobre à avril avec une moyenne annuelle de 1 000 à 1 500 mm d'eau, et d'une saison sèche de d'avril à octobre. La température moyenne annuelle est de 27, 64°C. Par ailleurs, la région est régulièrement visitée par les cyclones. Ce climat est favorable à la culture des mangues améliorées. La région est le premier producteur des mangues à Madagascar.

La température conditionne le développement et la croissance du manguier. Les températures comprises entre 24°C et 30°C sont optimales pour le développement de

l'arbre et la croissance des fruits (Whiley et *al.*, 1989). La culture du manguier est favorisée dans la zone intertropicale. Le climat du Nord Ouest de Madagascar est favorable pour la production des mangues améliorées.

Méthodes

Démarches communes à la vérification des hypothèses

La démarche se déroule en trois phases, à savoir :

- La phase préliminaire ;
- La phase opérationnelle ;
- Et la phase de traitement et d'analyse des données.

La phase préliminaire

La documentation et la recherche bibliographique ont été effectuées auprès des bibliothèques au niveau des districts. La consultation des différents ouvrages et revues scientifiques a été effectuée auprès du Département Agro-Management et de l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, ainsi qu'auprès du FOFIFA CRR NORD OUEST, CITE Mahajanga et à la Chambre de commerce de Mahajanga. Des recherches webographiques ont été également menées. Ces dernières ont été complétées par des informations auprès même du centre afin de pouvoir cerner la situation réelle de la culture et la production des mangues améliorées.

La phase opérationnelle

Cette phase concerne principalement le travail sur terrain, constitué par des enquêtes auprès des paysans producteurs et auprès des collecteurs qui ont acheté des mangues au niveau des districts. Les interviews ont été menées auprès des représentants des Ministères concernés, des organismes de développement, des maires, des chefs fokontany et des notables pour avoir plus des informations concernant la culture des manguiers par rapport au développement économique de la région et leurs cultures.

La phase de traitement des données

La phase de traitement et d'analyse des données consiste à analyser toutes les informations collectées et les traiter avec des outils Word, Excel et le progiciel TSIM pour la vérification des hypothèses. Les données sont traitées par les étapes suivantes :

- Les questionnaires sont classés et codés par fokontany et par acteurs ;

- La saisie et apurement des données de base collectées à l'aide des fiches d'enquêtes ont été effectués sur Excel pour aboutir à des tableaux statistiquement exploitables ;

- L'analyse d'exploitation et l'étude de la rentabilité se font à l'aide du progiciel TSIM.

Démarche spécifique pour chaque hypothèse

Démarche de vérification de l'Hypothèse 1 : La production des mangues améliorées représente le plus important revenu économique

Le progiciel TSIM conduit à l'analyse d'exploitation et l'étude de la rentabilité de la production des mangues. Pour bien mener cette analyse, la comparaison des comptes d'exploitation de la production des mangues locales avec des mangues améliorées a été faite au niveau des paysans producteurs. L'élaboration du compte d'exploitation est basée sur la culture des mangues dans la superficie de terrain d'un hectare avec la même technique culturale.

Démarche de vérification de l'Hypothèse 2 : La culture des mangues améliorées favorise la protection de l'environnement

La vérification de cette hypothèse est basée sur l'interview auprès des notables, paysans producteurs, avec les collecteurs. L'analyse des données collectées lors des enquêtes sont traités par Excel. Cette analyse a conduit à évaluer des plants des manguiers reboisés, avec des surfaces protégées et des revenus procurés au niveau des paysans producteurs. La plantation des arbres fruitiers valorisent la protection de l'environnement.

Limite de travail

L'accomplissement de ce travail de recherche a rencontré quelques contraintes relatives aux paysans producteurs et les autorités locales. La collecte des données concernant des revenus est délicate. Certains paysans font preuve de grande méfiance pendant les entretiens et /ou visite sur terrain, tout particulièrement sur les revenus procurés. Les informations recueillies auprès des autorités locales sont incomplètes et difficiles à manipuler. Et pour les services techniques la mise à jour des données n'est pas effective.

Les données obtenues auprès des collecteurs sont variés selon les statuts des collecteurs.

RESULTATS

Cet article dégage les deux résultats suivants :

- Les impacts de la culture des mangues améliorées dans vie des paysans ;
- Les avantages de la culture des mangues améliorées pour la protection de l'environnement.

Les impacts de la culture des mangues améliorées dans la vie quotidienne des paysans.

On détermine des impacts de la culture des mangues améliorées dans la vie des paysans à partir de l'analyse d'exploitation de la culture des mangues améliorées dans une surface d'un hectare au niveau de la commune rurale de Belobaka, Mahajanga II.

Les états financiers sont élaborés à partir des rubriques suivantes : les matériels utilisés, la quantité de la production annuelle, le prix de vente par caisse, les charges d'exploitation.

La commune rurale de Belobaka dispose des variétés des mangues améliorées. Les variétés citées- après sont le plus demandées par les collecteurs (Valencia, Irwin, Langouste, Kent, Smith, Zill, Ruby).

Tableau n° 1 : Récapitulation de l'analyse d'exploitation de la culture des mangues améliorées (Montant en Ariary)

Années	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Résultat d'exploitation	11 448 571	11 909 025	12 374 480	12 839 935	13 305 389
Valeur Ajoutée	16 706 364	17 288 182	17 870 000	18 451 818	19 033 636
Trésorerie	12 249 316	13 078 404	13 543 839	14 009 313	14 474 768
CAF	12 625 071	13 090 585	13 555 980	14 021 435	14 486 889
TRI (%)	90	94	97	99	100

La production des mangues améliorées dans une superficie d'un hectare dégage le résultat de 11 448 571 Ariary en première année de production, il ya un accroissement de 13 305 389 Ariary en cinquième année.

Elle produit une valeur ajoutée de 16 706 364 Ariary lors de la première année de production et en cinquième année, elle est évaluée à 19 033 636 Ariary. L'évolution de cet agrégat est significative.

La situation de la trésorerie varie entre 12 249 316 Ariary et de 14 474 768 Ariary lors de la première année de production jusqu'à la cinquième année. Cette exploitation n'a pas de difficulté pour la réalisation de l'activité.

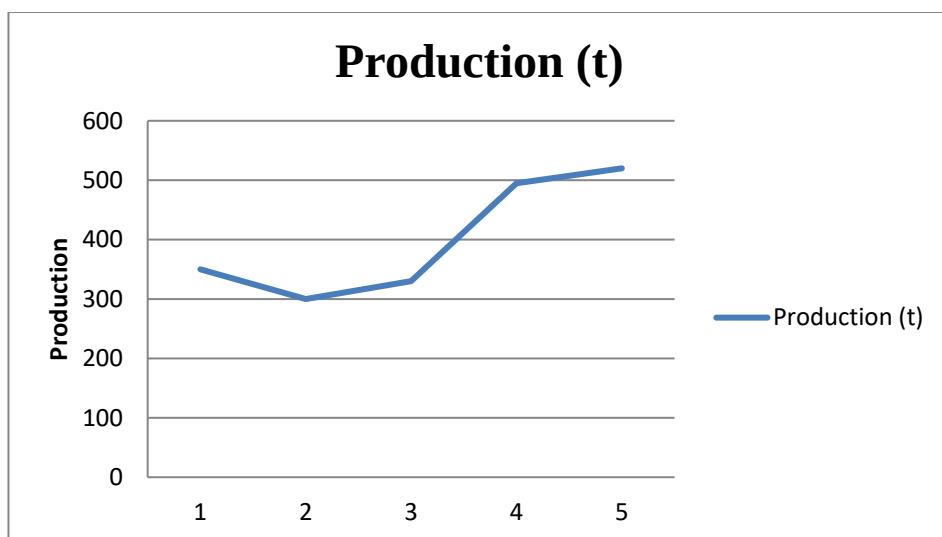
Les CAF (Capacités d'Autofinancement) s'élèvent à Ariary 12 625 071 pour la première année et Ariary 14 486 889 la cinquième année. Ces montants sont largement supérieurs à zéro. Le recours à d'autre financement n'est pas envisageable car cette activité arrive à l'autofinancement. La valeur des CAF permet au producteur de faire le réinvestissement.

Les avantages de la culture des mangues améliorées pour la protection de l'environnement.

L'identification des avantages de la culture des mangues améliorées pour la protection de l'environnement est effectuée à partir de l'évaluation de la production depuis l'année 2015 jusqu'à la fin de la campagne 2019. Cette évaluation conduit à déterminer les nombres des manguiers disponibles au niveau de la commune. Ces arbres sont protégés par les paysans producteurs.

L'évolution de la production

L'évaluation des quantités des mangues vendues durant l'année 2015 jusqu'à 2019 a été obtenue à partir des données recueillies auprès des collecteurs.



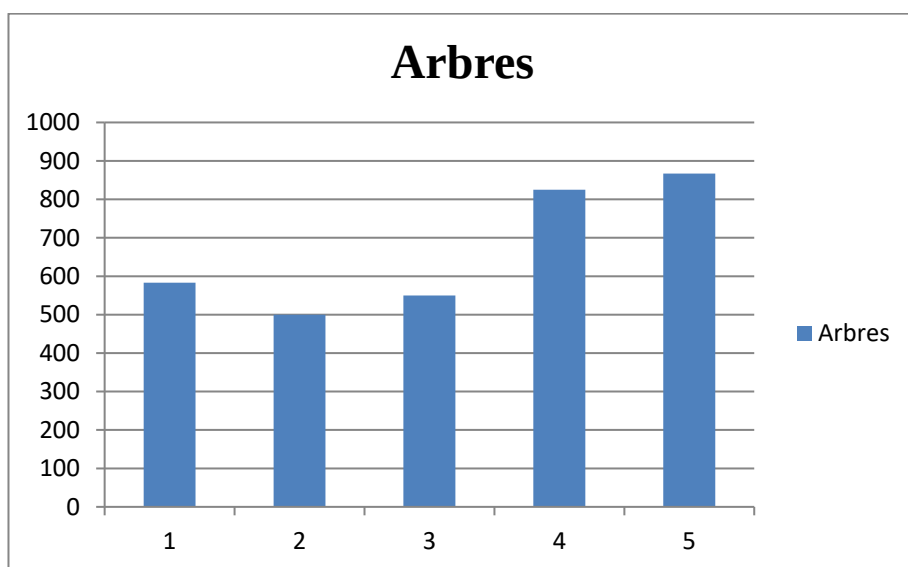
Graphes n° 1 : Evolution de la production

La quantité des mangues pour l'année 2015 est évaluée à 350t. La capacité de production en 2016 diminue jusqu'à 300t à cause du changement climatique. La production ne cesse d'augmenter jusqu'à la fin de la campagne 2019 en 520t.

Soixante dix pour cent des mangues collectées sont des variétés améliorées, elles sont destinées au marché des fruits à Anosibe Antananarivo.

La situation des manguiers

Les manguiers en cours de production sont évalués à partir de la quantité des mangues collectées durant la campagne 2015-2019. En moyenne un pied du manguiers amélioré produit 600 kg des fruits de mangue, par contre 300 kg pour les variétés locales.



Graphe n° 2 : L'évolution des manguiers

Durant les cinq dernières années les manguiers exploités varient entre 583 pieds à 867. La plantation des manguiers a fortement progressé de 48 % entre 2015 à 2019. L'évolution des superficies exploitées est évaluée à 3 ha. Toutes les parcelles de production des mangues sont protégées par le feu de brousse.

DISCUSSIONS

Cet article comporte deux résultats à discuter, en premier lieu les impacts de la culture des mangues améliorées dans la vie des paysans suivi les avantages de cette culture pour la protection de l'environnement.

Les impacts de la culture des mangues améliorées dans la vie des paysans

Les fruits sont en général des produits alimentaires à haute valeur nutritive et commerciale. Ils contribuent à l'amélioration du bien-être social et de l'état de santé des populations (FAO, 1999). Ces fruits contiennent généralement de la vitamine A dont la déficience provoque souvent un sévère problème de santé publique (Nana et al, 2006). Dans le Nord ouest de Madagascar la production des mangues améliorées est développée, elle constitue une source de revenu pour les paysans producteurs et contribue à améliorer l'alimentation des populations locales. Dans le cadre de la politique de développement des filières agricoles, la filière mangue a été retenue comme une des filières porteuses pour cette Région.

Les impacts économiques de la culture des mangues améliorées

La culture des mangues est l'un des secteurs le plus dynamiques de l'économie agricole de la Région Nord ouest de Madagascar. La production des mangues améliorées est une activité importante dans la commune rurale de Belobaka, District de Mahajanga II ; elle fournit des produits de valeur et assure un revenu régulier pour les paysans. Cependant la production des mangues améliorées du dit District est encore insuffisante.

L'analyse d'exploitation de la culture des mangues améliorées dans une superficie d'un hectare dégage un bénéfice de 11 448 571 Ariary en première année de production et de 13 305 389 Ariary en cinquième année. L'accroissement du résultat durant les cinq années d'exploitation entraîne une augmentation des capitaux à investir en valeur de 1 856 818 Ariary.

La Capacité d'Autofinancement est évaluée à 12 625 071 Ariary lors de la première année d'exploitation et de 14 486 889 Ariary en cinquième année. L'évolution de cet agrégat permet aux producteurs de faire un réinvestissement, comme l'acquisition des terrains ou autres biens afin d'étendre son exploitation.

La production des mangues améliorées crée des valeurs ajoutées très significatives par rapport aux autres spéculations. L'évolution de cet agrégat est de 16 706 364 Ariary en première année d'exploitation et de 19 033 636 Ariary à la fin de la cinquième année. Cette activité tient une place importante à la constitution du P.I.B du district.

Dans le cadre de la politique de développement des filières agricoles, la filière mangue a été retenue comme une filière porteuse pour le Nord ouest de Madagascar.

Les impacts sociaux

L'exploitation des mangues emploie du personnel permanent comme des gardiens et les employés qui assurent l'entretien des manguiers durant l'année d'exploitation.

La saisonnalité de la production entraîne un roulement de personnel important. Les professionnels de la filière ne peuvent pas garantir un emploi permanent à tout le personnel requis pour la récolte, le conditionnement des fruits et l'expédition. Pourtant le secteur dans son ensemble génère de l'emploi, même s'il reste saisonnier, sans compter les emplois indirects : fourniture d'emballage, de palettes, mais aussi toutes les activités liées au transport. Enfin, la commercialisation de la mangue est, dans de nombreux cas, le seul apport monétaire pour les petits producteurs. La mangue constitue une source de revenu pour les paysans producteurs et contribue à améliorer l'alimentation des populations locales.

L'importance des mangues face à l'insécurité alimentaire

La mangue est un fruit climactérique caractérisée par une augmentation de la production d'éthylène au début de maturation. Ceci permet une récolte anticipée, le fruit continuant sa maturation après la récolte, ce qui est un atout pour l'export (Mukherjee et Litz, 2009 ; Nordey, 2014).

La composition du fruit varie selon son stade de maturité. Pendant la maturation, les fruits sont riches en vitamine C. A maturité, la quantité de vitamine C est assez faible, mais la mangue est riche en provitamine A et en vitamines B₁ et B₂ (Mukherjee et Litz, 2009). La qualité de la mangue dépend surtout de la concentration en sucres et acides, ainsi qu'en composés secondaires comme les vitamines et les arômes, contenus dans la matière sèche.

Les avantages de la culture des mangues pour la protection de l'environnement

Les arbres constituent un élément important de presque tous nos paysages. Les arbres survivent presque partout, on peut les étudier où que l'on se trouve.

Depuis quelques années, la destruction des forêts tropicales soulève, fort justement, une grande attention : ces dernières grandes zones de diversité naturelle sont le refuge de nombreux animaux et plantes, dont la préservation pourrait être d'importance vitale pour l'humanité. (ALLEN, 1993).

Impacts environnementaux

L'abattage des arbres en particulier dans les régions très pluvieuses, provoque des inondations et des coulées de boue, du fait de la disparition de la végétation qui

stabilisait des collines entières-sans parler des conséquences à long terme de cet abattage.

Le manguier est un arbre à grand développement pouvant dépasser 20 mètres de haut, à port plus ou moins étalé selon les variétés. En plus de la production de fruits, il était fréquemment planté pour l'ombrage.

La culture des mangues favorise la biodiversité fonctionnelle et qu'elle concourt à la protection de l'environnement et à la lutte contre l'érosion.

Contrairement aux productions de mase comme la banane ou l'ananas qui peuvent s'étaler sur des milliers d'hectares, la production de mangue concerne le plus souvent des surfaces plus modestes. De surcroît, c'est une culture pérenne qui ne nécessite pas de bouleversements topographiques majeurs. Quelques zones de production intense sont généralement partagées en parcelles alliant des cultures différentes. La pratique de cultures associées, la mise en place de coupe-vent, etc... confèrent aux vergers de manguiers une configuration plus traditionnelle qu'industrielle.

Les avantages pour la culture des mangues améliorées

L'amélioration du verger traditionnel peut facilement être réalisée par greffage. La mise à fruits après greffage est très rapide (parfois dès la 2^{ème} année). Le manguier peut produire pendant 60 à 80 ans (F. de LAROUSSILLE).

Les manguiers greffés ou améliorés donnent régulièrement de bonnes récoltes. Ses fruits pèsent entre 440 et 740g. Elles sont épaisses et résistante et se séparent facilement de la chair. La chair est de consistance moyenne, sans fibres avec une saveur aromatique. Les variétés des mangues améliorées ont des grandes valeurs commerciales.

En termes de norme et qualité au niveau du marché international, il n'existe pas de norme de l'union Européenne sur la mangue. Toutefois, et comme pour tout produit importé sur le territoire communautaire, une norme cadre s'applique qui se résume à demander aux produits d'être de qualité saine et marchande (Nations unies, CNUCED, 2016).

Les importations européennes de mangues augmentent année après années pour atteindre environ 300 000 tonnes (Gerbaud, 2018).

CONCLUSION

Le Nord Ouest de Madagascar est une Région à vocation agricole et le secteur primaire y occupe une place prépondérante. Le sol limoneux et riche associé au climat tropical sec caractéristique du nord-ouest de malgache, est tout à fait favorable à la culture des mangues. L'importance de la filière mangue pour l'économie régionale vient aussi du fait qu'elle fait fonctionner de petites unités de transformation et tout un réseau de démarcheurs et de transporteurs, constituant ainsi, une source de revenus pour les paysans producteurs. Durant la campagne 2019, les prix des mangues améliorées varient entre 140 000 Ariary à 240 000 Ariary la caisse de 200kg dans la Commune de Belobaka, Mahajanga II. La consommation de mangues s'augmentant en Europe, le choix variétal s'est progressivement resserré : Amélie, en début de campagne, puis Kent, Keiitt et Palmer (Rey et *al.*, 2004).

En terme de revenu au niveau des producteurs, un paysan pratique la culture des mangues améliorées dans une superficie de 1 000 m² avec 10 pieds des mangues améliorées procure des revenu aux environ de 7 200 000 Ariary par campagne. Les charges d'exploitation sont basées sur l'entretien systématique (sarclage, binage, ...) avec la confection des par feu par parcelle.

L'analyse d'exploitation montre que la production des mangues améliorées crée une valeur ajoutée très significative. La filière mangue fournit des emplois au sein de la région de l'amont en aval.

La production des mangues améliorées représente le plus important revenu économique, la première hypothèse de cet article est vérifiée.

Le verger de manguiers favorise la biodiversité fonctionnelle et qu'elle concourt à la protection de l'environnement et la lutte contre l'érosion. Quelques zones de production intense sont généralement partagées en parcelles alliant des cultures différentes. Le manguier étant par nature assez peu exigeant, l'installation d'un verger n'implique pas de modifications fondamentales remettant en cause de façon irréversible l'écologie des zones concernées. Les besoins en eau restent modérés compte tenu de la capacité de l'arbre à l'enracinement. L'utilisation d'intrants agricoles est mesurée et dans de nombreux cas, il n'est pas fait appel à des produits extérieurs ou très peu. Toutes les parcelles de production des mangues améliorées sont protégées par des par feu pour la lutte contre le feu de brousse. L'extension des parcelles de production des mangues au niveau de la région conduit à la maîtrise du feu de brousse.

La culture des mangues améliorées favorise la protection de l'environnement, la deuxième hypothèse est vérifiée. Dans le contexte de développement durable, la protection de l'environnement figure parmi les priorités.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) Crane, J. (2008). *Mangifera indica*. In *The Encyclopedia of Fruit & Nuts*, (Janick, J., Paull, R.E.), p. 15–20.
- 2) Laroussilhe F. de - Le Manguier - Technique Agricole de productions tropicales
- 3) FAO, (2008) La situation mondiale de l'alimentation et de l'Agriculture
- 4) Fogue et al, 1998. Technologie de séchage des fruits et légumes. Service d'appui aux PME(SAPE); CEAS Ouagadougou. Burkina Faso. p. 51.
- 5) Gerbaud, P. (2015). Dossier mangue. *FruiTrop* 230, 26–70.
- 6) Gerbaud, P. (2018). Dossier mangue. *FruiTrop* 255, 44–88
- 7) Mangués à La Réunion, (Cirad et chambre d'agriculture de la Réunion, Saint-Pierre, Vincenot D. et Normand F.),
- 8) JUDICOME, (2004). Etude pour l'élaboration d'un plan de développement de la filière fruits et légumes. Rapport intermédiaire pour l'atelier national. Ministère de l'Agriculture de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques (MAHRH) Ouagadougou. 125p.
- 9) Menzel, C., & Le Lagadec, M. (2017). Can the productivity of mango orchards be increased by using high-density plantings? *Scientia Horticulturae*, 219:222-263.
- 10) Mukherjee et Litz, (2009). Introduction: Botany and Importance. In *The Mango: Botany, Production and Uses*, 2nd Edition, (CAB International, Wallingford: Litz, R.E),
- 11) Nana et al.(2006). Impact of promotion of mango and liver as sources of vitamin A for young children : a pilot study in Burkina Faso. *Pub. Health Nutri.* .
- 12) Nations Unies, CNUCED, (2016). Des décisions aux actions du secrétaire général de la cnuCED à la quatorzième session de la conférence. New York : Nations Unies, 54p.
- 13) Nordey (2014). Analyse expérimentale et modélisation de l'hétérogénéité de la qualité et de la maturité des mangues. Thèse. Université d'Avignon.
- 14) Normand, F. (2009). Le manguier. In *Guide de Production Intégrée de Mangués à La Réunion*, (Cirad et chambre d'agriculture de la Réunion, Saint-Pierre: Vincenot. Normand F.)
- 15) Rey et al,(2004). The mango in french-speaking West Africa: varieties and varietal composition of the orchards. *Fruits.* .
- 16) Wallingford: Litz, R.E, départements de Orodara et Koloko : Rapport provisoire, Bobo-Dioulasso : Organisation Neerlandaise des Volontaires (S.N.V.). 52p.
- 17) Whiley et al., 1989. Effect of temperature on growth, dry matter production and starch accumulation in ten mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *J. Hortic. Sci.*

REMERCIEMENTS

J'adresse mes vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin et d'une manière ou d'une autre à la réalisation de cet article. Entre autres à :

- Monsieur Bruno RAMAMONJISOA, Professeur Titulaire et Directeur de l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques (ESSA) ;

- Madame Nivohary Sylviane Maria VOLAMPENO, Directeur du CIDST ;

- Madame RAKOTOMALALA Annick, Chef de Service de la Recherche et Etudes Doctorales ;

- Madame Romaine RAMANANARIVO, Professeur Titulaire et Responsable de la Formation Doctorale au sein du Département Agro-Management de l'ESSA ;

- Monsieur Rolland RAZAFINDRAIBE, Professeur Titulaire, Enseignant à la Formation Doctorale au sein du Département Agro-Management de l'ESSA et Directeur de thèse ;

- . Tous les Enseignants de la Formation Doctorale au sein du Département Agro-Management de l'ESSA.

RECONNAISSANCE DES LEMURIENS DIURNE DE LA FORET D'ANDRIAMISARA, NORD-OUEST DE MADAGASCAR

par

MIARISOA Jeanne Emma^(1, 2), RAVELOSON Herimalala^(1, 2, 3),

RABARIVOLA Joseph Clément^(1, 2)

(1) Université de Mahajanga,

(2) Ecole Doctorale sur les Ecosystèmes Naturels;

(3) Mozea Akiba

RESUME

La forêt sacrée de Ndremisara, c'est la forêt d'Ambalakida. Les Sakalavas y cueillent du miel pouvant servir à la sacralisation des reliques des Rois, c'est le «Fanompoa fandrama». Au cours de l'année 2018, nous avons effectué une descente sur le terrain dans le but d'effectuer une brève reconnaissance de la faune de Lemuriformes malagasy.

La forêt se situe dans la CR d'Ambalakida, Mahajanga II, et c'est la première fois que de tels travaux ont été réalisés. Ainsi, nous avons appliqué la méthode de fouillage systématique pendant la journée entière allant du mois de Février jusqu'au mois d'Avril 2018.

Nous avons reconnu deux espèces diurnes: *Eulemur fulvus* et *Propithecus coquereli* dans 4 secteurs parmi les 7 visités. Toutefois, des traces d'activités anthropiques relativement menaçantes ont été enregistrées telles que : des traces de feux, des coupes illicites de bois et de divagations de zébus.

Des études plus approfondies méritent d'être réalisées pour renforcer le plan de gestion communautaire en faveur de la protection de la forêt, non seulement pour conserver la faune et la flore de la forêt d'Ambalakida; mais aussi de conserver son statut de forêt sacrée de Ndremisara.

De plus, la forêt montre une potentialité touristique quant à la confirmation de la présence d'au moins deux espèces de lémuriens. Ceux-ci, afin de contribuer au développement économique de la communauté villageoise.

Mots-clés : Reconnaissance, Lémuriens, Forêt sacrée, Développement durable

ABSTRACT

The sacred forest of Ndremisara is the forest of Ambalakida. The Sakalavas gather honey there which can be used for the sacralization of the relics of the Kings; it is the "Fanompoa fandrama". During 2018, we carried out a field trip in order to carry out a brief reconnaissance of the fauna of the malagasy lemurs.

The forest is located in the Ambalakida RC, Mahajanga II, and it is the first time that such work has been carried out. Thus, we applied the method of systematic excavation during the whole day going from the month of February until the month of April 2018.

We recognized two diurnal species: *Eulemur fulvus* and *Propithecus coquereli* in 4 sectors among the 7 visited. However, traces of relatively threatening anthropogenic activities have been recorded such as: traces of fires, illegal logging and zebu ramblings.

More in-depth studies deserve to be carried out to strengthen the community management plan for the protection of the forest, not only to conserve the flora and fauna of the Ambalakida forest; but also to maintain its status as a sacred forest of Ndremisara.

In addition, the forest shows tourism potential quantified by the confirmation of the presence of at least two species of lemurs. These, in order to contribute to the economic development of the village community.

Keywords : Recognition, lemurs, sacred forest, sustainable development

INTRODUCTION

Madagascar est connue, non seulement par sa biodiversité faunistique et floristique relativement riche; mais aussi par leurs taux d'endémisme particulièrement élevés (Mittermeier R.A. et *al.*, 2014). Les connaissances de cette biodiversité sont dues à des efforts de travaux d'inventaires des chercheurs. Malgré tout, il reste encore des localités non explorées puisque certains sites sont difficiles à pénétrer. En parallèle, des activités d'origine anthropique agissent de manière galopante, menaçant ainsi cette richesse, ce sont : les feux de brousse, la culture sur brulis, la prédation, la coupe illicites de bois. Dans un contexte où l'endémicité présente un taux relativement élevé et qu'il existe des menaces réelles envers cette biodiversité exceptionnelle. Plusieurs espèces risqueraient de disparaître mondialement à jamais sans qu'elles soient répertoriées et acquièrent un statut

adéquat lui permettant une protection allant dans le sens de sa pérennisation. C'est ainsi qu'il est primordiale pour un organisme ou pour un chercheur œuvrant dans la protection de l'environnement, d'effectuer des efforts d'inventaires de la biodiversité.

La forêt d'Ambalakida est une forêt particulière à cause de son statut d'origine culturelle à vocation culturelle. En effet, elle est unique par son nom: «la forêt sacrée de Ndremisara».

L'objectif principal de l'étude est de réaliser un répertoire de la faune des Primates, les Lemuriformes Malagasy diurnes de la forêt d'Ambalakida.

Les objectifs spécifiques sont: d'observer et de reconnaître ces différentes espèces appartenant aux Lemuriformes diurnes malagasy et d'évaluer leurs pressions.

MATERIELS ET METHODES

Site d'étude

La forêt de Ndremisara est située dans la commune rurale d'Ambalakida, District de Mahajanga II. C'est un massif de forêt en cours de restauration à cause de son état de santé relativement dégradé, dont la surface est estimée à 310 ha (SAC Ambalakida, 2010). Elle est gérée par l'association communautaire villageoise COBA FISAMIA (Fikambanan'ny Sakalava Miaro Ala). Généralement, cette forêt est dominée essentiellement par des espèces végétales telles que: *Foetidia retusa* (malomona), *Dalbergia* sp. (manary), *Commiphora* (arofy) et aussi *Adina microcephala* (sohihy).

La forêt est divisée en sept (7) secteurs dont: Ampijoroa, Ambatomalama, Ankoankala, Bekalay, Ampondrabe, Maromenabe et Bemanevika.

Dans la commune d'Ambalakida, il existe aussi une forêt galerie située le long des cours d'eau pérenne ou temporaire. Ces espèces sont de grande taille et sont sempervirente. Sa structure à deux strates a été bien gardée pour des formations plus ou moins intactes. La strate supérieure pouvant atteindre 15 à 20m de haut est surtout composée de *Manguifera indica* (manga), d'*Adina microcephala* (sohihy), d'*Eugenia* sp. (rôtra) et quelquefois de *Ficus* (adabo). Tandis que la strate inférieure est plutôt arbustive, ne dépassant pas les 6 à 7m et est constituée par de *Croton* sp. (fotsiavadika), de *Grewia* sp. (sely) et de *Bauhinia* (kitronosy). Auparavant, cette formation a été l'une des cibles privilégiées des charbonniers. C'est la raison pour

laquelle la formation est devenue une savane arborée sans tapis herbacé (SAC Ambalakida, 2010). En effet, à partir du moment où le FISAMIA a commencé à gérer la forêt, le processus de savanisation s’est estomper puisque le tapis herbacé s’est reculé au profit de la régénération et de l’avancée de la restauration forestière par de transplantation d’essences forestières naturelles autochtones.

Toutefois, il en restait une formation de savane essentiellement formé par de *Hyparrhenia ruffa* (vero) et/ou de *Heteropogon contortus* (ahidambo). Au profit de formations ligneuses telles que *Zyziphus sp.* (mokonazy), et de mavoravina avec une hauteur ne dépassant pas les 6m (SAC Ambalakida, 2010).

Le seul marécage à l'état naturel longe deux secteurs : d’Ampondrabe et de Maromenabe; il est à cheval entre les deux fokontany d'Ambalakida et d'Antanamifafy. Cependant, un aménagement agricole temporaire a été observé malgré la présence FISAMIA.

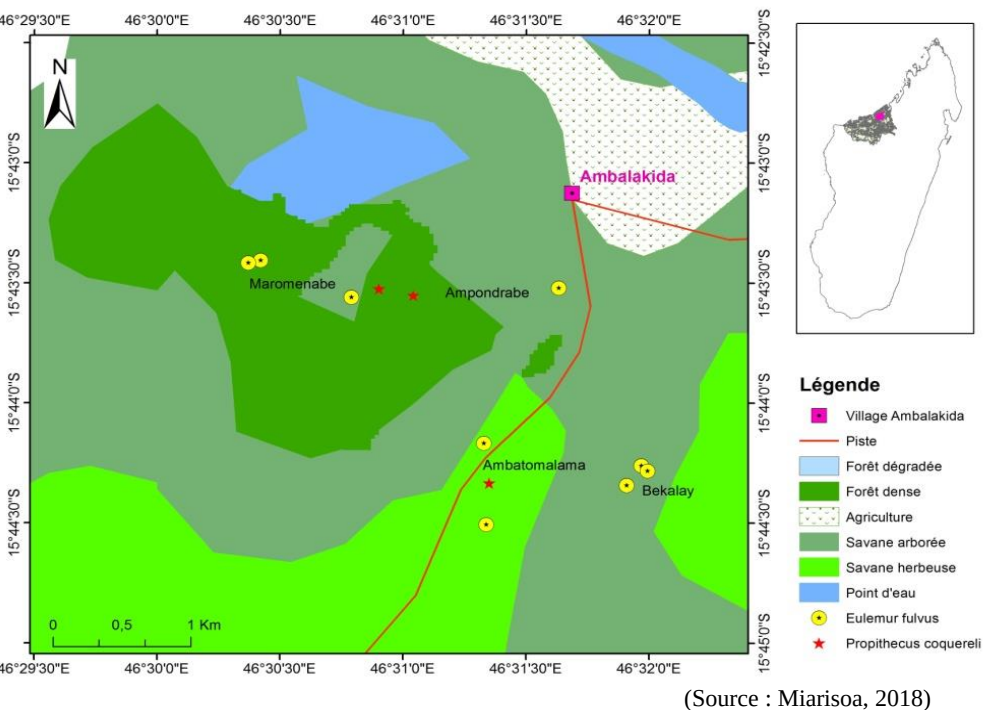


Figure 1: Cartographie d’Ambalakida

Méthodologies

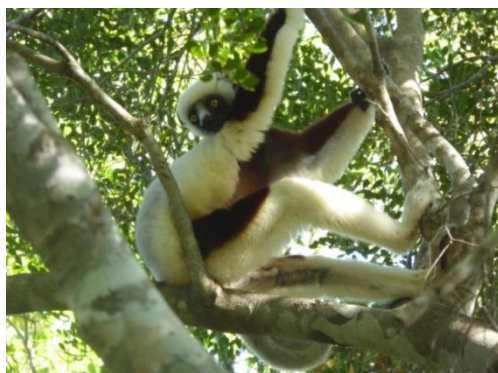
Les observations ont été effectuées en deux phases dont la saison humide et la saison sèche. Le transect au hasard ou fouillage systématique a été aussi adapté pour

l'inventaire afin de confirmer la présence de l'animal dans le même secteur qu'avant. Une deuxième méthode alternative a été adoptée pour contrôler l'appartenance des individus au groupe. Ainsi, nous avons fait un suivi itinéraire d'un groupe du matin jusqu'à son dortoir où les individus ont été identifiés et comptés.

Les pressions anthropiques dans la forêt de Ndremisara ont été évaluées à partir des enquêtes effectuées sur les villageois et des observations directes sur terrain.

RESULTAT

La forêt de Ndremisara abrite deux familles de Lemuriformes malagasy diurnes: les Indriidae et les Lemuridae, ayant respectivement comme espèces: *Eulemur fulvus* et *Propithecus coquereli*.



(Photo : Miarisoa, 2018)

Figure 2 : *Eulemur fulvus* et *Propithecus coquereli*

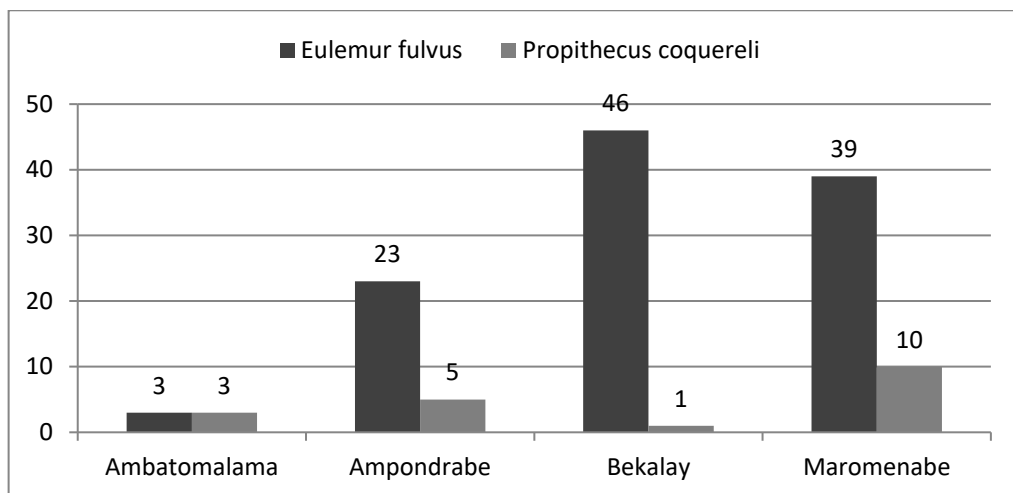
Selon le résultat de la descente pendant la saison humide, le secteur d'Ampijoroa, Bemanevika et Ankoakala n'ont pas présentés aucun individu. Malgré tout, les autres secteurs ont présentés environ 57 individus d'*Eulemur fulvus* et 11 individus de *Propithecus coquereli*.

D'après le recomptage pendant la saison humide,

- un groupe de six (6) individus a été observé pour *Eulemur fulvus* d'Ampondrabe tandis qu'un groupe de deux (2) individus : de sexe femelle de *Propithecus coquereli* dans le secteur d'Ampondrabe et de sexe mâle dans le secteur de Bekalay. Ces deux individus ont été observés dans un même dortoir à Ampondrabe ;

- 15 individus d'*Eulemur fulvus* ont été comptés dans le secteur de Bekalay. Ces individus forment trois (3) groupes bien distincts : le premier est formé de quatre (4) individus, le second, formé de (5) individus et le dernier, de (6) individus ;

- un seul individu isolé et un groupe de huit (8) individus d'*Eulemur fulvus* ont été mis à jour dans le secteur de Maromenabe ;
- quatre (4) individus formant un seul groupe de *Propithecus coquereli* ont été observés dans le même secteur de Maromenabe.



(Source : Miarisoa, 2018)

Figure 3 : Richesse spécifique dans chaque secteur

Pressions anthropiques

Les pressions susceptibles de s'exercer sur les Lemuriformes malagasy vivant dans cette forêt sont classées en quatre catégories, à savoir :

- Les traces des feux qui sont marqués par la présence de surface récemment brûlée de feu est d'origine humaine. Ces traces de feux sont supposées de manières accidentelles et sans objectifs précis ;

- La divagation de zébus qui est marquée par la présence directe des zébus dans la forêt ou encore la présence des traces de pas et d'excréments et aussi des traces de charrette ;

- La coupe illicite de bois qui est marquée par la présence des arbres ligneux et des petits arbres abattus dans la forêt. Ces arbres ont été abattus par les villageois ou par des individus allochtones et la cause est pour la construction des maisons ou des meubles, pour lesquels certains arbres sont exportés. Les arbres les plus ciblés sont les palissandres et le masonjoany (*Coptosperma madagascariense*) ;

- La chasse et le braconnage qui sont marqués par la présence des pièges.



(Photo : Miarisoa, 2018)

Figure 5 : Coupes illicites des arbres ligneux et des petits arbres dans la forêt

DISCUSSIONS ET CONCLUSION

Parmi les espèces diurnes appartenant aux Lemuriformes malagasy, il existe au moins deux dans la forêt d'Ambalakida. Des groupes d'individus d'*Eulemur fulvus* ont été fréquemment observés par rapport à ceux des individus de *Propithecus coquereli*. Avec cinq (5) groupes d'*Eulemur fulvus* et deux (2) groupes de *Propithecus coquereli*. Ces groupes ont été observés conjointement dans les trois secteurs suivants : Ampondrabe, Bekalay et Maromenabe. Le secteur de Bekalay a montré beaucoup plus de groupes que ceux des deux autres. Les quatre autres secteurs n'ont pas montré la présence de ces deux espèces. Ce sont les secteurs d'Ampijoroa, de Bemanevika, d'Ankoakala et d'Ambatomalama. Pourtant, selon nos enquêtes auprès des villageois, c'est dans les deux secteurs d'Ampijoroa et d'Ambatomalama ont été les lieux d'activités des individus appartenant à ces deux espèces. Le fait que nous avons observé un individu juvénile sans ses parents nous induit à émettre une hypothèse en faveur d'un braconnage très actif entraînant sûrement la disparition de ses parents. Ce qui est à vérifier par une analyse moléculaire à partir de la génétique de population. Ainsi, il se pourrait que dans les quatre derniers secteurs, des individus appartenant à des groupes y sont présents mais à cause de leurs vigilances relativement hautes, il nous a été difficile de les observer et de les reconnaître ensuite. Toutefois, nous sommes confiants quant à la rémission de l'état de santé de la forêt puisque la savanisation des secteurs n'a pas pu aboutir. En effet, la régénération naturelle supplée les activités effectuée par le tandem FISAMIA et l'ONG GOSOC / Komanga, à l'exemple des transplantations des essences forestières autochtones ont permis de freiner cette savanisation.

Le processus de conservation est en marche. Et il reste pour les deux entités de renforcer davantage la communication dans le but de changer les comportements des populations villageoises dont certains vont à l'encontre de la culture autochtone de l'ethnie Sakalava. Ce sont la présence de plusieurs traces d'activités anthropiques relativement menaçantes pour la faune et la flore. Ces traces se manifestent par la divagation de zébus, des indices de feux, des coupes illicites d'arbres (palissandres et masonjoany (*Coptosperma madagascariense*). En effet, l'ethnie Sakalava par sa culture, préserve la forêt et tout particulièrement elle est en faveur de la protection et de la pérennisation de la « forêt sacrée de Ndremisara » pour un développement durable de la forêt et de la culture en même temps. Le « Fanompoa Fandrama » n'existera jamais sans que la forêt produise une quantité suffisante de miel. Et pourtant, le miel issu de la forêt sacrée de « Ndremisara » est le garant du « Fanompoambe » ou encore le « bain des reliques des Rois ».

Enfin, le développement durable de cette forêt dépend aussi de son développement en un site touristique. Ce qui permettra de rendre meilleures la croissance économique au sein des villageois. Et parmi la faune d'Ambalakida, les lémuriens font partie des espèces qui attirent beaucoup plus l'attention de touristes.

REMERCIEMENT

Nous remercions Guy Pinault et ses équipes, les guides locales, GOSOC KOMANGA, les VOI FISAMIA d'Ambalakida de nous aider à réaliser cette recherche.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) Adriambolatiana, Irina et Raharimanga H. (2010). Programme Germano-malgache pour l'Environnement. Coopération Technique/GIZ: Recueil des normes sectorielles et règles liées à l'aménagement du territoire.
- 2) Mittermeier R A, Robles GP, Hoffmann M, Pilgrim J, Brooks T, Mittermeier CG, Lamoreux J, and Fonseca GAB (eds) (2004). Hotspots Revisited : Earth's biologically Richest and Most Endagered Terrestrial Ecoregions. Cemex, Mexico City, Mexico.
- 3) Nambena S., Nambena J. et Michalon A. (2010). Programme Germano-malgache pour l'Environnement. Coopération Technique / GIZ: Élaboration d'un Modèle Numérique de Terrain Région Boeny. MNT et produits dérivés.
- 4) Raharimanga H. et Nambena J. (2010), Programme Germano-malgache pour l'Environnement. Coopération Technique / GIZ: Document méthodologique SAC.

ECOLOGIE DES ESPECES LES PLUS UTILISEES DANS LA FORET D'AMPASINA

par

EMILIENNE Mohamed Razina⁽¹⁾, RAKOTOARIMANANA Vonjison⁽²⁾

(1) Doctorante à l'Institut Supérieur de Sciences, Environnement et Développement Durable (ISSEDD) Université de Toamasina

(2) Professeur à l'Université d'Antananarivo, spécialiste en biostatistique

RESUME

La forêt d'Ampasina, une forêt de 90 ha menacée au même titre que les taux de déforestation annuelle de 0,35 à 0,79% enregistrés au niveau de l'ensemble de la couverture forestière malgache de ces 20 dernières années. Il s'avère que des espèces végétales de cette forêt auraient besoin d'être restaurées, non seulement en raison de leurs rôles écologiques spécifiques mais aussi à cause de leur potentiel de séquestration de carbone, deux enjeux importants en matière de développement durable. Ainsi, l'objectif est de cibler ces espèces en étudiant leur distribution et leur abondance, en vue d'évaluer leur capacité de séquestration de carbone. Ces informations devraient déboucher sur la connaissance du stock de carbone de la forêt et son potentiel commercial en la matière, sources de motivation et d'amélioration du niveau de vie de la population locale. Des inventaires floristiques couplés avec des enquêtes villageois ont été menés. L'étude révèle 5 espèces suivantes (avec un indice d'utilisation de 40% à 80%) : *Symphonia tanalensis* (CLUSIACEAE), *Faucherea* sp. (SAPOTACEAE), *Anthostema madagascariensis* (EUPHORBIACEAE), *Xylopia buxifolia* (ANNONACEAE), *Uapaca* sp. (PHYLLANTHACEAE). Avec un taux de régénération naturelle de moins de 100%, ces espèces, à l'exception de l'espèce *Anthostema madagascariensis* et de l'espèce *Uapaca* sp, ont du mal à se conserver et sont menacées de disparition. Avec une capacité de séquestration de carbone de 14 t/ha au niveau de sa biomasse aérienne, *Canarium madagascariensis* qui est une espèce associée étroitement avec les espèces cibles fera partie de la replantation en association avec les 5 espèces. Cette initiative nécessite une approche innovante et originale aussi bien au niveau des procédés techniques de restauration qu'en matière d'approche socio-économique.

Mot-clé : Ecologie, espèces, forêt, séquestration de carbone, restauration

ABSTRACT

The Ampasina forest, a forest of 90 ha threatened as well as the annual deforestation rates of 0.35 to 0.79% recorded in the total Malagasy forest cover over the last 20 years. It turns out that plant species in this forest would need to be restored, not only because of their specific ecological roles but also because of their potential for carbon sequestration, two important sustainable development issues. So the objective is to target these species by studying their distribution and abundance, in order to assess their carbon sequestration capacity. This information should lead to the knowledge of the forest's carbon stock and its commercial potential in this area, sources of motivation and improvement of the standard of living of the local population. Floristic inventories coupled with village surveys were conducted. The study reveals the following 5 species (with a utilization index of 40% to 80%): *Symphonia tanalensis* (CLUSIACEAE), *Faucherea* sp. (SAPOTACEAE), *Anthostema madagascariensis* (EUPHORBIACEAE), *Xylopia buxifolia* (ANNONACEAE), *Uapaca* sp. (PHYLLANTHACEAE). With a natural regeneration rate of less than 100%, these species, with the exception of *Anthostema madagascariensis* and *Uapaca* sp, are struggling to conserve and are threatened with extinction. With a carbon sequestration capacity of 14 t/ha at the level of its aerial biomass, *Canarium madagascariensis* which is a species closely associated with the target species will be part of the replanting in association with the 5 species. This initiative requires an innovative and original approach to both the technical restoration processes and the socio-economic approach.

Key words : Ecology, species, forest, carbon sequestration, restoration

CONTEXTE ET INTRODUCTION

Toamasina, une des ex-provinces de Madagascar, est très riche en biodiversité en termes d'originalité qu'au degré d'endémisme. Mais cette richesse connaît une route dégradante à cause des activités humaines, surtout, dans la Région Atsinanana où les forêts naturelles subissent d'importantes dégradations. La conservation internationale-restauration forestière à Madagascar 2011, a enregistré un taux annuel de déforestation de 0,79% avant l'an 2000 et un taux annuel de 0,35% après l'an 2000. C'est pour cela que nous apportons beaucoup d'importance à l'étude écologique de la forêt littorale d'Ampasina. Cette zone est encore riche en termes de forêt mais encore nouvelle pour tous. Donc, elle nécessite cette étude pour une gestion durable, pour une gestion rationnelle de nos espèces végétales les plus utilisées et aussi pour les restaurer en vue d'une séquestration de carbone, vue le

problème du changement climatique actuel. La vie sur Terre ne serait pas possible sans les arbres : ils réduisent le dioxyde de carbone présent dans l'atmosphère terrestre et enrichissent l'air en oxygène. Thomas Crowther, écologiste de renom et Professeur à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich, a fait deux découvertes très importantes pour la santé de la planète que nous habitons : Crowther a analysé les forêts du monde et a déclaré qu'il y a de la place pour planter 1,2 trillion de nouveaux arbres en analysant la capacité des arbres à absorber le CO₂. Il a montré que la présence des 3 trillions d'arbres actuels réduit d'environ 400 gigatonnes de dioxyde de carbone et que, si nous pouvions planter un autre trillion - un milliard de milliards - d'arbres, il serait possible de capturer un autre gigatonne de CO₂, c'est-à-dire la quantité de dioxyde de carbone que l'homme produit sur une décennie (Actu environnement 2019). Ainsi, les arbres seraient l'arme la plus puissante en notre possession pour lutter contre la pollution et aussi une arme beaucoup plus efficace que les procédés technologiques actuels de capture du carbone (Actu environnement 2019).

OBJECTIF DE LA RECHERCHE

L'objectif global de la recherche est de cibler ces espèces en étudiant leur distribution et leur abondance, en vue d'évaluer leur capacité de séquestration de carbone.

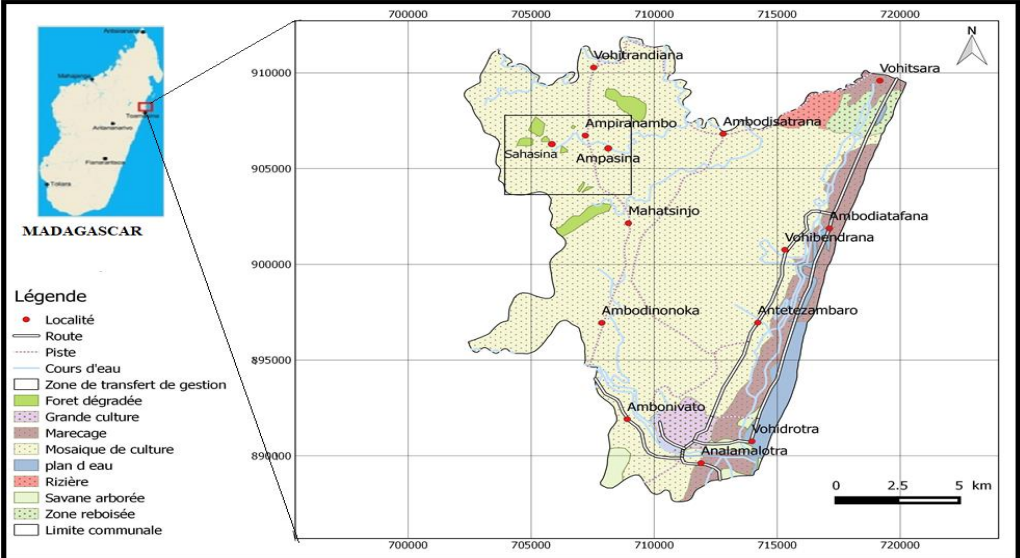
MATERIELS ET METHODES

La CR d'Antetazambaro se trouve à 17 km au Nord du District de Toamasina 1 ; elle est limitée : à l'Est par l'Océan Indien, au Sud par la CR de Toamasina Suburbain, à l'Ouest par la CR d'Ambodiriana, au Nord par la CR de Mahavelona Foulpointe et au Nord-Ouest par la CR d'Andodabe.

Sa superficie totale est de 294 km², et comporte 13 Fokontany avec 81 villages. Le Fokontany d'Ampasina est la zone d'intervention qui se localise dans la partie orientale de Madagascar, dans l'écotone de l'Est. Il se trouve à 25km à vol d'oiseau à l'Ouest de la Commune Rurale d'Antetazambaro et s'étend entre 17° 55' 16.6'' de latitude Sud et 049°20'42.4'' de longitude Est.

Des enquêtes ethnobotaniques ont été faites comme les IS (Interview Structuré), ISS (Interview Semi-Structuré) : c'est tout simplement un guide d'entretien auprès des autorités locales «afin que celui-ci puisse parler ouvertement, dans les mots qu'il souhaite et dans l'ordre qui lui convient» (Quivy & Campenhoud, 1995 in Ravelona, 2009), II (Interview Informel) : on n'utilise pas des questionnaires ni de guide mais

on ouvre une discussion sur une ou plusieurs thématiques. Il sert à explorer ou à approfondir le sujet. «Ce type d’entretien permet d’apprécier comment l’individu se perçoit dans son environnement et quelles voies sont identifiées en terme de changement » (Sibelet & Madeleine, 2007 in Ravelona, 2009) et le focus group ou groupe ciblé.



Carte n°1 : Localisation de la zone d’étude

Des inventaires aussi ont été faits comme :

Le relevé écologique se fait par la méthode de BRAUN BLANQUET (1965) avec un plateau mesurant 20 m × 50 m

- L’indice d’utilisation a été déterminé à partir de la formule de Lance et *al.*, (1994) : $I (%) = n / N \times 100$;

avec **n** : nombre de personnes utilisant l’espèce et
N : nombre total de personnes enquêtées.

- L’étude de la flore associée par la fréquence d’association qui est donnée en pourcentage selon la formule de GREIG SMITH (1964) : $F(%) = (N_i / n_i) \times 100$ Avec F(%) : fréquence en pourcentage, N_i : nombre de répétition de l’espèce sur le quadrant et n_i : nombre total d’individus relevés sur l’ensemble du quadrant.

- L’étude de la régénération naturelle par le taux de régénération (TR) exprime donc le pourcentage des régénérés (Nr) par rapport aux semenciers (Ns) :

$$TR (%) = Nr / Ns \times 100$$

RESULTATS

Les espèces végétales de la forêt d'Ampasina ont des utilisations variées : bois d'œuvre, bois de construction, bois d'énergie, plantes médicinales.

La pauvreté et la vulnérabilité de la population sont les causes du prélèvement illicite de bois (enquêtes, 2019). Il consiste à abattre des arbres sans autorisation des autorités compétentes (Service chargé de l'Environnement), ni de permis de coupe délivré préalablement. L'usage des plantes médicinales fait partie des habitudes ou de coutume de la population.

Les enquêtes ethnobotaniques nous ont permis de recenser les plantes les plus utilisées provenant de la forêt d'Ampasina et de connaître leur usage respectif. La plupart des ligneux sélectionnés lors de nos enquêtes sont utilisés surtout comme bois d'œuvre et de construction ainsi que médicinale. Parmi les espèces les plus utilisées et les plus connues par la population, nous avons choisi et sélectionnés pour l'étude 5 espèces qui sont toutes endémiques de Madagascar, avec un indice d'utilisation qui varie de 60 à 100% (tableau).

Tableau 1 : Les espèces sélectionnées les plus utilisées

FAMILLES	NOMS SCIENTIFIQUES	NOMS VERNACULAIRES	UTILISATION	Indice d'utilisation I (%)
CLUSIACEAE	<i>Symphonia tanalensis</i>	Hazinina	Bois d'œuvre, bois de construction	100
SAPOTACEAE	<i>Faucherea</i> sp.	Nanto	Bois d'œuvre, bois de construction	80
EUPHORBIACEAE	<i>Anthostema madagascariensis</i>	Lalotigna	Bois de construction, plante médicinale, bois d'œuvre	70
ANNONACEAE	<i>Xylopia buxifolia</i>	Hazoambo	Plante médicinale, bois de chauffes préférés	70
PHYLLANTHACEAE	<i>Uapaca</i> sp.	Voapaka	Bois de construction, plante médicinale	60

D'après l'étude de la flore associée, nous avons eu que *Canarium madagascariensis* est parmi les espèces qui sont en étroite association avec les espèces cibles.

DISCUSSIONS

Les résultats de nos enquêtes ethnobotaniques et nos observations sur terrain nous ont permis de dégager les principales menaces et pressions sur les espèces végétales et sur leurs habitats.

Les menaces qui pèsent sur les espèces végétales dans la forêt d'Ampasina sont essentiellement d'origine anthropique. *Xylopia buxifolia* demeure l'espèce la plus utilisée en tant que bois d'énergie à cause de son pouvoir calorifique très apprécié des ménagères. Dans la forêt, les plantes médicinales sont d'usage courant. Plus de 95 % de ces plantes médicinales sont des espèces forestières dont les plus utilisées par les guérisseurs traditionnels ainsi que les familles sont : *Xylopia buxifolia*, *Uapaca* sp. pour soigner les maladies les plus fréquentes, en particulier le paludisme, la diarrhée et les bronchites (RATSIRARSON et al, 2001). La régénération naturelle de ces espèces est faible car nous avons enregistré un taux inférieur à 100%.

Lors de l'étude, nous avons pu identifier l'abondance de l'espèce *Canarium madagascariensis* qui est associée étroitement avec les cinq espèces cibles. Alors que cette espèce a un potentiel très élevé en termes de séquestration de carbone, qui peut atteindre jusqu'à plus de 14 t de carbone à l'hectare seulement pour sa partie aérienne (observations non publiées). Donc, la replantation des cinq espèces plus l'espèce pionnière en terme de séquestration serait un avantage multiple à savoir : l'augmentation de la surface forestière, l'augmentation du potentiel de séquestration de la forêt et enfin l'application de la mesure d'atténuation pour faire face au changement climatique qui est une actualité de préoccupation majeure mondial. Ainsi, les arbres seraient l'arme la plus puissante en notre possession pour lutter contre la pollution ; une arme beaucoup plus efficace que les procédés technologiques actuels de capture du carbone (Actu environnement). Parmi tous les écosystèmes forestiers capables de fixer le carbone atmosphérique, les plus remarquables sont de loin les forêts tropicales, où les cycles biogéochimiques sont très dynamiques (TWILLEYS et al., 1992). La vente de carbone va motiver la population riveraine de la forêt pour la conservation.

CONCLUSION

D'après notre analyse, nous constatons que la forêt d'Ampasina possède un paysage diversifié: des reliefs continentaux, de lac, des rivières, de faune, de flore, le taux d'endémisme élevé, mais cette forêt est menacée. La population est jeune et dynamique, mais, pauvre et utilisant de manière irrationnelle la biodiversité. En effet, les espèces floristiques et faunistiques se sont dégradées. Alors, nous pouvons dire que la forêt d'Ampasina a été riche autrefois en termes de végétation, mais c'est surtout l'exploitation irrationnelle de la population environnante qui a causé cette perte dégradante. Les méthodes d'exploitation traditionnelle devront donc être modifiées pour contribuer à ce processus, en visant à préserver les jeunes arbres et à favoriser la régénération naturelle. Comme type d'aménagement forestier que les paysans seront invités à participer à son élaboration et à son application, nous pouvons citer : l'inventaire forestier, la mesure de la croissance, le calcul de la possibilité de récolte, la régénération après récolte et culture. La reconstitution des potentialités de l'écosystème forestier dégradé peut s'effectuer à travers des activités de reboisement en vue de l'augmentation de la surface forestière, de restauration de nos espèces endémiques et d'accroître la capacité de séquestration de carbone de la forêt. Tout cela mène à l'application des objectifs de développement durable.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) Andrianotahinanahary, H.(2005). Etudes écologiques et ethnobotaniques de la diversité floristique des jachères du corridor forestier Ranomafana – Andringitra (Cas d'Ambendrana-Fianarantsoa). DEA en Ecologie Végétale Appliquée, Département de Biologie et Ecologie végétales, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo. Programme GEREM Fianarantsoa (CNRE/IRD) : 74p.
- 2) ANGAP & MINEV.(2001). Plan de Gestion du Réseau National des Aires Protégées de Madagascar. 112p.
- 3) ANGAP.(2004). Plan de Gestion et de Conservation de la Réserve Naturelle Intégrale N°1 de Betampona (2004-2008).63p.
- 4) Alexandre, D. Y. (1983). Régénération naturelle d'un arbre caractéristique de la forêt équatoriale de Côte-d'Ivoire : *Turraeanthus africana* Pellegr. ORSTOM, tome 12, n° 3 – 1917, 22 p.
- 5) Bastian. G. (1967). Etude géographique et économique de Madagascar, Nathan-Madagascar, 39p.

- 6) Bourgeat, F. (1972). Sols sur socles anciens à Madagascar. Types de différenciation et Interprétation chronologique au cours du quaternaire. Paris : ORSTOM, Mémoires n°57 : 335.
- 7) Braun Blanquet (1965). Plant sociology. The study of plant communities. Hafner publishing company : New York ; London. 439 p.
- 8) Chauveau, L. (2004). Petits atlas des Risques Ecologiques. 128p.
- 9) Cornet, A., Guillaumet, J.L. (1976). Divisions floristiques et étages de végétation à Madagascar, I. *Cahiers ORSTOM. Série Biologie*, 6(1), 35-42.
- 10) Dajoz, R. (1996). Précis d'écologie. Paris : Dunod, 551p.
- 11) Dajoz R. (1975). Précis d'écologie. Paris : Bordas. 549p.
- 12) Dajoz, R. (1975). Précis d'écologie. Ecologie fondamentale et appliquée. Paris : Gautier Villars. 549p.
- 13) Greig Smith P. (1964). Quantitative Plant Ecology. 2 ed Butterworth, Washington DC. 256p.
- 14) Ratsirarson, J., Efitranonay, Ranaivonasy, J., Elyse (2001). Bezà Mahafaly : Ecologie et réalités socio-économiques.
- 15) Sibelet et Madeleine (2009), Quivy et Campenhoud in Ravelona.
- 16) Twilleys R., Chen R., & Hargis T. (1992). Carbon sinks in mangrove forests and their implications to the carbon budget of tropical coastal ecosystems. *Water Air Soil Pollut.* 64, 265-288.

POMMADE CICATRISANTE ET ANTIBACTERIENNE A BASE DE *GAERTNERAPHANEROPHLEBIA*, UNE RUBIACEAE MALAGASY

par

RAKOTOARISOA Mbolatiana Abigaila^(1, 2), RALAMBONIRINA Sylvia⁽¹⁾,
ANDRIAMAMONJISOA Dimbiniala^(1, 2), RAKOTOARISOA Marrino⁽¹⁾,
VICTOR Jeannoda⁽²⁾

- (1) Centre National d'Application de Recherches Pharmaceutiques, rue R. P. Rahajarizafy A. de Padoue, Ambodivoanjo Ambohitatovo, BP 702, 101 Antananarivo, Madagascar
(2) Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, Département de Biochimie Fondamentale et Appliquée, BP.906, Antananarivo, 101, Madagascar.

RESUME

Cette recherche vise à valoriser la biodiversité de Madagascar pour apporter de l'innovation à pratique de la médecine traditionnelle malagasy. La décoction de feuilles de *Gaertneraphanerophlebia* Baker ou *Tsitsirontafika*, une *Rubiaceae* du Nord-est de Madagascar, a été traditionnellement utilisée pour panser les blessures. Nos objectifs sont focalisés sur la vérification scientifique de son efficacité et innocuité en vue de mettre au point un remède traditionnel amélioré, efficace et accessible à tous pour traiter les plaies. Ainsi, des tests *in vitro* et *in vivo* ont été entrepris pour l'évaluation des propriétés cicatrisante et antibactérienne de l'extrait aqueux formulé en pommade 5%. Les résultats ont démontré quels produits sont inoffensifs et actifs sur trois bactéries Gram positif infectant les plaies, avec des diamètres d'halo d'inhibition de 10mm contre *Streptococcus pyogenes* et *Streptococcus pneumoniae* de 16 mm contre *Staphylococcus aureus*. Chez les rats traités, une cicatrisation totale au bout de 12 jours avec un taux de contraction de 100%, contre 18 jours pour le groupe témoin non traité a été obtenue. Suivant la guérison, le nombre de germes infectant les plaies a diminué d'après la biopsie des plaies. Les contrôles de qualité réalisés avec la pommade 5% ont donné des résultats satisfaisants. Ces investigations pharmacologiques soutiennent l'efficacité de cette plante et de la pommade 5% pour traiter des plaies infectées. Ces résultats constituent des preuves expérimentales sur son utilisation traditionnelle et sa valorisation pour améliorer la santé et encourager la population à protéger l'environnement pour un développement durable.

Mots clés : *Gaertneraphanerophlebia*, *Rubiaceae*, pommade, cicatrisante, antibactérienne

ABSTRACT

This research aimed to promote the biodiversity of Madagascar and to bring innovation to the traditional knowledge's. The aqueous leaves extract of *Gaertneraphanerophlebia* Baker, a *Rubiaceae* endemic from the north-eastern part of Madagascar was used to heal wounds. Our goal is to scientifically prove the efficacy and safety of this species in order to formulate a traditional remedy improved, effective and accessible to all. An ointment 5% containing the aqueous extract of the plant was prepared. The healing and antibacterial properties have been investigated by *in vivo* and *in vitro* experimentations. The results showed that our products were active against 3 gram positive strains which cause skins infections, with an inhibition zone diameter of 10 mm against *Streptococcus pyogenes* and *Streptococcus pneumoniae* and 16 mm against *Staphylococcus aureus*. Daily application of the ointment on infected wounds increases the speed of healing process. A totally healing time of 12 days against 18 days in untreated control group was obtained. The wound treated was completely healed without undesirable side effect. Biopsy control confirmed that number of germs decreases with wound healing, that demonstrate that our dermal ointment possess not only a healing power but also an antibacterial property. It might be suggested for several skin lesions. These result provide experimental evidence of the use of this plant of interest. Extensive investigations are needed to get more data about this plant family of interest. This scientific evidence will be expected to encourage population to protect the environment for the country's sustainable development.

Key words : *Gaertneraphanerophlebia*, *Rubiaceae*, healing, antibacterial ointment

INTRODUCTION

Madagascar est reconnu pour sa richesse en biodiversité floristique et faunistique dont 80% sont endémiques (Callmander et al., 2011; Ministère de l'Environnement et des Forêts, 2014). En effet, sa flore est une des plus riches et des plus diversifiées au Monde avec plus de 14 000 espèces végétales (Direction des eaux et forêts, 1996 ; Rafidison V. et al., 2019). L'utilisation des plantes pour le traitement des maladies est très ancienne, mais connaît actuellement un regain d'intérêt auprès du public. Il a été estimé que plus de 25% des médicaments actuels sont préparés à base

de plantes initialement utilisées dans la médecine traditionnelle (OMS, 2002). De plus, les industries pharmaceutiques modernes s'appuient largement sur la recherche des métabolites secondaires des plantes ayant une propriété biologique intéressante. La famille des *Rubiaceae* représente 7 à 9 % de la flore malagasy, qui comprend environ 600 genres dont beaucoup d'espèces sont médicinales et endémiques mais peu étudiées (Davis *et al*, 2003 ; Rafidison V. *et al.*, 2019). *Gaertneraphanerophlebia*, une espèce native de la partie Nord Est de l'Ile, poussant dans les forêts humides, est couramment utilisée pour le traitement des plaies (Boiteau, 1997; Rakotoarisoa *et al.*, 2016). A notre connaissance, à part les données botaniques, aucun résultat d'études scientifiques sur cette plante n'est disponible dans la littérature. Dans ce contexte s'inscrit notre recherche dont l'objectif est de justifier à travers des expérimentations l'utilisation traditionnelle de cette plante, de formuler des remèdes traditionnels améliorés accessibles à tous pour le traitement des plaies et surtout pour élargir les données scientifiques sur cette espèce.

MATERIELS ET METHODES

Matériel végétal

Le matériel végétal, constitué par les feuilles, a été récolté le 5 Décembre 2018 dans la commune d'Ambohibary, Fokontany Ampitambe Ambatomainty situé dans la région Alaotra Mangoro. La plante a été identifiée par les botanistes du CNARP et un herbier a été déposé au Département de Botanique du CNARP sous la référence ST 380.

Matériel animal

Des souris «Swiss» et des rats «Wistar», mâles et femelles ont été utilisées lors des tests *in vivo*. Ces animaux proviennent de l'animalerie de l'IMVAVET (Institut Malgache des Vaccins Vétérinaires).

Préparation de l'extrait

L'extrait qui servira d'ingrédient à la préparation de la pommade est une décoction des feuilles fraîches selon la méthode décrite par Grandidier (Boiteau, 1997 ; Rakotonandrasana, 2013).

Le matériel végétal coupé et écrasé, puis placé dans un ballon à reflux en présence d'eau distillée dans le rapport 1/10 (M/V) est chauffé à 100 °C pendant 10 à 20 minutes. Après refroidissement, la décoction est filtrée puis évaporée à sec. Le

résidu obtenu constitue l'extrait végétal qui servira d'ingrédient dans la confection de la pommade.

Préparation et formulation de la pommade 5%

A l'aide d'un mortier en porcelaine, la quantité d'extrait correspondant à 5g et la quantité suffisante pour (QSP) 95g de l'excipient ont été triturés. L'excipient a été ajouté jusqu'à l'obtention d'un mélange homogène. Toute la technique de préparation a été faite manuellement selon la méthode de Bene et *al.*(2017).

Investigations biologiques

Evaluation de l'activité antimicrobienne

L'activité antibactérienne a été évaluée suivant la méthode de disque de diffusion en milieu solide à une concentration de 1mg/ disque(Nielsen et *al.* 2000 ; Ngameni et *al.* 2009) sur six souches de bactéries Gram positif (*Staphylococcus aureus* ATCC 11632, *Bacillus cereus* ATCC 14579, *Listeria monocytogenes* ATCC 19114, *Clostridium perfringens* ATCC 13124, *Streptococcus pyogenes* ATCC 19615 et *Streptococcus pneumoniae* ATCC 6305) et huit souches de bactéries Gram négatif (*Escherichia coli* ATCC 8739, *Salmonella enterica* ATCC 13076, *Shigella flexnerii* ATCC 12022, *Proteus mirabilis* ATCC 35659, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 10145, *Yersinia enterocolitica* ATCC 23715, *Enterobacter cloacae* ATCC 13047 et *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048) et sur une souche de levure (*Candida albicans* ATCC 10231). L'antibiotique de référence utilisé a été la Néomycine (30µg /disque).

Evaluation de la propriété cicatrisante des plaies infectées

Cette évaluation a été réalisée *in vivo* sur des rats mâles albinos pesant entre 200 à 250g. Elle a pour but d'apprécier l'efficacité de l'extrait de plante et de la pommade sur des plaies d'excisions ouvertes infectées par *Staphylococcus aureus*. La comparaison a été faite avec deux groupes témoins : un témoin positif traité avec un antibiotique (Néomycine crème 30 mg) et un témoin non traité. La fréquence d'application a été fixée à une fois par jour jusqu'à la fermeture totale des plaies (Bhaskar A. et *al.*, 2012 ; Shailajan S. et *al.*, 2011). Une étude planimétrique a été mise en œuvre pour déterminer le pourcentage de réduction de la surface des plaies (Mukherjee H. et *al.*, 2013). Des observations macroscopiques des plaies et une biopsie ont été conduites jusqu'à leurs fermeture.

Test de tolérabilité cutanée

Le test d'irritation primaire aigue de Draize (Bene et *al.*, 2017) a été réalisé sur des souris mâles de race Swiss. Pour ce faire, 24h avant l'application du produit, le dos de chaque souris a été rasé sur environ 4cm². La lecture est faite 24h et 72h après l'application. L'évaluation de la réaction cutanée est obtenue par la détermination des scores selon l'échelle de Draize, en fonction de la valeur de l'Indice de l'Irritabilité Primaire (IIP%).

Contrôle de la qualité de la pommade 5%

Il consiste à examiner les paramètres macroscopiques de la préparation, l'homogénéité, le pH et la stérilité. Les caractères tels que la couleur, l'odeur et la consistance ont été notés (Bene et *al.*, 2017).

RESULTATS

Rendement de l'extraction

Un rendement de 2,99% d'extrait sec a été obtenu avec les feuilles fraîches après évaporation. L'extrait a été récupéré sous forme de poudre marron-foncée, légèrement parfumée rappelant l'odeur caractéristique des feuilles.

Formulation galénique

Les paramètres ci-dessous ont été déterminés pendant la préparation de la pommade (Tableau 1). Les résultats semblent être satisfaisants exceptés pour les conditions extrêmes de température où l'homogénéité a changé.

Tableau 1 : Résultats des contrôles de la qualité de la pommade 5%

	1	2	3	4	5	6	7
Pommade 5%	Marron foncé	Légèrement parfumée	Molle	Fond à une température $\geq 35^{\circ}\text{C}$	Bonne homogénéité (répartition régulière)	Ne présente aucune contamination après incubation de 24h et de 72h à 37°C	pH proche de celui de la peau (pH= 5,01)

1 = Couleur, 2 = Odeur, 3 = Consistance, 4 = Stabilité, 5 = Homogénéité, 6 = Stérilité, 7 = pH

Résultats biologiques

Les résultats biologiques ont montré que l'extrait aqueux et la pommade 5% sont actifs spécifiquement sur 3 souches de bactéries responsables des infections cutanées, notamment *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes* et *Streptococcus pneumoniae*. Les diamètres d'halo d'inhibition respectifs sont de

16mm, 10 mm et 10mm. *Staphylococcus aureus* étant la souche la plus sensible à tous les produits.

Le traitement des plaies ouvertes infectées par *Staphylococcus aureus* chez le rat a révélé que l'extrait aqueux et la pommade 5% accélèrent le processus de cicatrisation par rapport aux témoins (Figure 1). A partir du 3^e jour, les plaies commencent à se refermer sans présenter aucun signe d'infection ni d'inflammation, et au 12^e jour, elles sont complètement cicatrisées, puis au 15^e jour les poils commencent à repousser autour de la blessure. Cet effet est similaire au résultat obtenu avec la Néomycine. Par contre, la fermeture des plaies non traitées prend un retard de 9 jours. Les plaies infectées traitées avec l'extrait aqueux et la pommade 5% se contractent à des vitesses un peu plus rapides que les autres plaies. En parallèle, le nombre de germes infectant les plaies a diminué. (Figure 2).

Le test de tolérabilité cutanée avec l'extrait et la pommade 5% n'a présenté aucun signe de réaction cutanée vis-à-vis de nos produits. L'Indice d'Irritation Primaire (IIP) est nul après 24 et 72 heures de l'application des produits. Au contraire, on a remarqué que plus on applique les produits, plus la peau de la souris devient claire, lisse et hydratée.

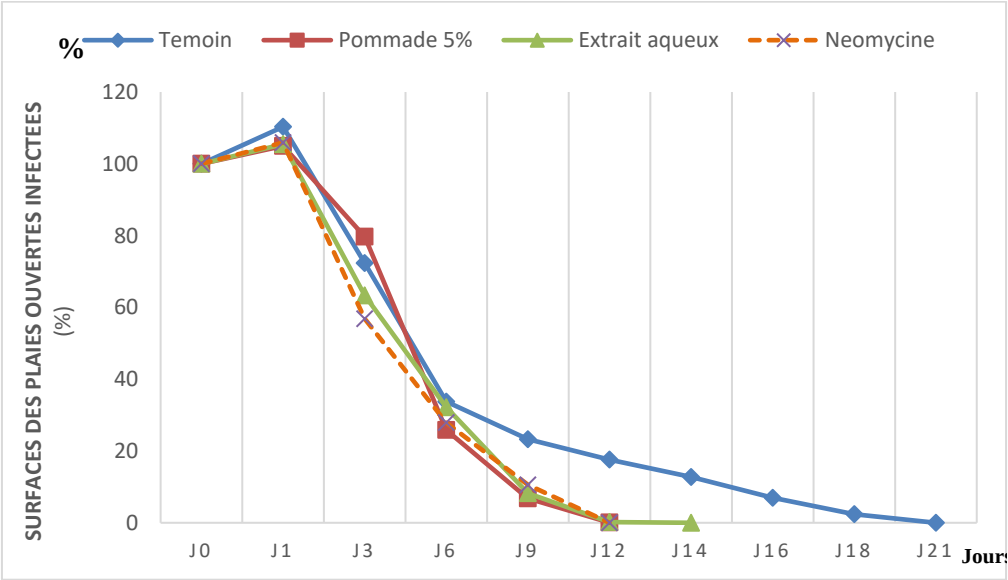


Figure1 : Courbes montrant la diminution des surfaces moyennes des plaies en fonction du temps

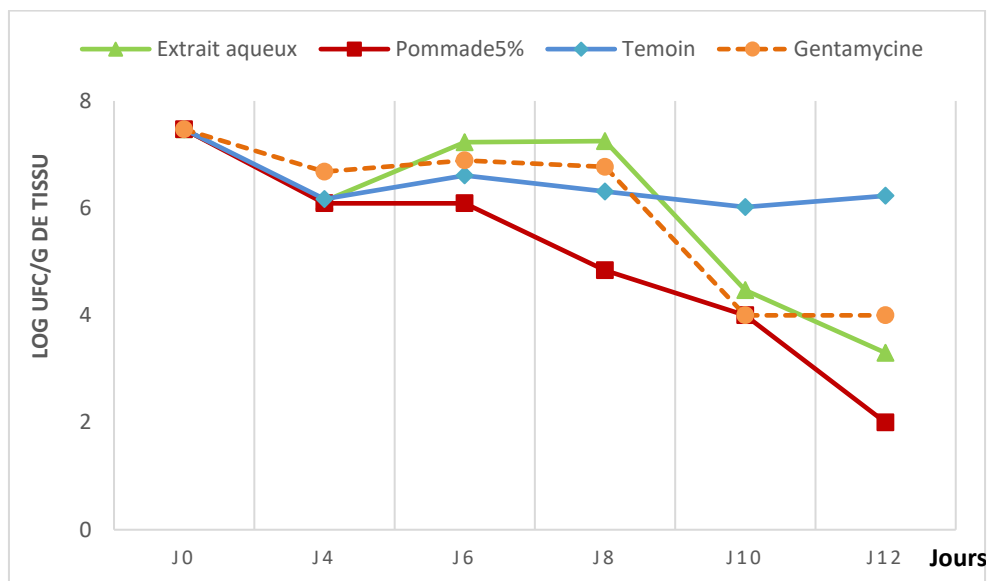


Figure 2 : Courbes montrant la diminution du nombre des bactéries infectant les plaies en fonction du temps

DISCUSSION

Notre objectif a été de justifier l'activité cicatrisante de *Gaertner aphanerophlebia* (*Rubiaceae*), endémique du Nord-est de Madagascar et de formuler un remède traditionnel amélioré à partir de cette plante.

Les résultats du contrôle de la qualité obtenus avec la pommade sont forts encourageants. La pommade présente de bons paramètres macroscopiques avec une très bonne homogénéité. Les valeurs du pH de l'extrait aqueux et de la pommade finie, proches de celle de la peau seraient en faveur d'une compatibilité chimique entre les différents constituants de la pommade et la peau, ce qui constitue un avantage pour leur éventuelle utilisation. À une température supérieure à 35°C, on observe un début de fonte de la pommade d'où sa conservation dans un lieu frais est recommandée. Le résultat du test de tolérabilité cutanée sur les souris albinos a indiqué une tolérance cutanée. Aucune réaction d'irritation cutanée n'a été observée selon le système de scores de Draize. Aussi, cette pommade est donc considérée comme un produit à action non irritante pour la peau. L'excipient et l'extrait aqueux ne sont pas agressifs mais agissent en parfaite synergie.

Le test d'activité antibactérienne réalisée avec la pommade est prometteur pour lutter contre la souche de *Staphylococcus aureus*. Elle a donné un diamètre d'halo d'inhibition de 16 mm sur une souche de référence. Des tests sur des souches

cliniques, extraites d'une suppuration, sont aussi nécessaires pour de plus amples confirmations.

Quant à la cicatrisation des plaies, des résultats tout à fait intéressants sur la qualité de la cicatrisation des plaies cutanées ont été obtenus. L'effet semble meilleur chez les sujets ayant reçu un traitement avec la pommade 5%. Aucun signe d'inflammation des plaies traitées avec la pommade n'a été observé. L'examen macroscopique a révélé que les plaies traitées avec ces produits sont vite recouvertes d'une croûte épaisse bien avant celles des lots témoins. Cette croûte résulte de la coagulation sanguine et joue un rôle important pour la cicatrisation de la plaie. La rapidité de la vitesse de cicatrisation pourrait s'expliquer par l'apparition rapide de la croûte sur les plaies traitées. Cela expliquerait également que le produit a un effet sur la durée de la phase inflammatoire chez les animaux traités. Cet effet pourrait être attribué à la présence de certains principes actifs de la famille des flavonoïdes et des tanins. Cela n'écarte pas l'hypothèse de synergisme avec d'autres familles chimiques contenues dans l'extrait. Il serait envisageable d'identifier les familles chimiques associées à cette propriété cicatrisante. Notre pommade a permis une accélération du processus cicatriciel au niveau des plaies infectées ou non infectées. Ce travail représente des résultats d'une expérimentation réalisée sur des rongeurs mais des tests cliniques plus complets et sur un grand nombre de cas sont nécessaires pour mieux apprécier l'efficacité de notre pommade.

CONCLUSION

Il ressort de cette étude que *Gaertneraphanerophlebia* a une activité cicatrisante évidente complètement en accord avec l'efficacité qui lui est reconnue dans la médecine traditionnelle. De plus, la pommade formulée avec l'extrait aqueux est antibactérienne et cicatrisante pouvant traiter divers cas de plaies infectées. La formulation galénique a permis la mise au point d'une pommade antimicrobienne et cicatrisante à base de l'extrait aqueux. Les tests sur des modèles animaux ont confirmé les activités antimicrobiennes observées *in vitro* et ont prouvé la propriété cicatrisante du phyto médicament amélioré. Des études plus approfondies seront nécessaires pour l'élucidation de son mécanisme d'action. Il est alors jugé primordial de sauvegarder cette espèce végétale pour sa survie mais aussi pour la continuité des recherches sur la plante.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail de recherche.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) Bhaskar A., Nithya V. (2012).Evaluation of the wound-healing activity of *Hibiscus rosasinensis* L. (MALVACEAE) in Wistar albinos rats. *Ind. J. Pharmacol.*, 44: 694-698.
- 2) Bene K., Camara D., Soumahoro I.A., Kanga Y., Zirihi G.N. (2017). Formulation galénique d'une pommade antimicrobienne à base d'extrait hydroalcoolique de *Bersamaabyssinica*Fresen. *Ethopharmacologia*, n°58.
- 3) Boiteau Marthe.(1997). Dictionnaire des noms malgaches de végétaux.Editions Alzieu, 494p.
- 4) Callmander, M. W., Phillipson, P. B., Schatz, G. E., Andriambololonera, S., Rabarimanarivo, M., Rakotonirina, N., et *al.* (2011). The endemic and non-endemic vascular flora of Madagascar updated. *Plant Ecology and Evolution* 144: 121-125.
- 5) Colloque International Biogéographie de Madagascar, International Symposium Biogeography of Madagascar, Paris 1996.
- 6) Davis A. & Bridson D., Goodman S., Jonathan, P. &Benstead J. (2003). The Rubiaceae, Introduction. *In the Natural History of Madagascar*.University of Chicago Press, Chicago: 431-434.
- 7) Davidson J.M. (1998).Animal models for wound repair. *Arch Dermatol Res*, 290: S1-S11.
- 8) Direction des Eaux et Forêts. (1996). Inventaire écologique forestier national: recueil botanique de 200 espèces forestières. Antananarivo : EEDR Mamokatra FTM, 53p
- 9) Hambaba L., BoudjellaK., Abdeddaim M., AberkaneM.C, BoudiafK. (2012). Etude *in-vitro* des activités antimicrobienne et antioxydante des extraits du fruit d'*Elaegnusangustifolia*. *Phytotherapie* Vol 10, DOI 10.1007/s10298-012-0737-7, Issue 6, pp 350-356.
- 10) Koumari M.(1989). L'expérience de médecine traditionnelle dans les pays de la sous-région Africaine de l'OMS. Première rencontre des centres collaborateurs OMS de Médecine traditionnelle de la sous-région Afrique à Niamey. Bureau regional OMS, Brazzaville.

- 11) Mabberley J.(2000). The Plant Book, a portable dictionary of the Vascular Plants, second edition. *Cambridge University Press*. Cambridge, 857p.
- 12) Mabberley J. (1987).The plant book. A portable dictionary of the higher plant, Cronquist's system of classification of flowering plants. *Cambridge University Press*, New York. 509p.
- 13) Ministère de l'Environnement et des Forêts. (2014). Cinquième Rapport National de la Convention sur la Diversité Biologique- Madagascar.
- 14) Mukherjee H., Ojha D., Bharitkar Y.P., Ghosh S., Mondal S., Kaity S.,et al.(2013).Evaluation of the wound healing activity of *Shorearobusta*, an Indian ethnomedicine, and its isolated constituent(s) in topical formulation. *J. Ethnopharmacol.*, 149 (1): 335-345.
- 15) Nielsen V. P., Rodrigo R. (2000). Inhibition of fungal growth on bread by volatile components from species and herbs, and the possible application in active packaging, with special emphasis on mustard essential. *International Journal of Food Microbiology*, 60 : 219-229.
- 16) Ngameni B., Kuete V., Simo I. K., Mbaveng A. T., Awoussong P. K., Patnam R. R.,et al.(2009). Antibacterial and antifungal activities of the crude extract and compounds from *Dorstenia turbinata* (Moraceae). *South Africa Journal of Botany*, 75(2): 256-261.
- 17) Olivier P., Jerome D. M, Kurt H. (1988). Four iridoid glucosides and a phenyl propanoid glycoside from *Sesamum angolense* - *Phytochemistry*, 27, 2677-2679.
- 18) Organisation Mondiale de la Santé.(2002). Stratégie de l'OMS pour la médecine traditionnelle pour 2002-2005.
- 19) Otsuka H., Yoshimura K., Yamazaki. K., Cantoria. M. C. (1991). *Chem. Pharm. Bull.* 39, 2049 – 2052.
- 20) Rabesa Z.A. (1990). Notes on Malagasy plants utilized in the traditional pharmacopoeia, *First international congress of ethnopharmacology*. Strasbourg.
- 21) Rafidison V., Ratsimandresy F., Rakotondrajaona R., Rasamison V., Rakotoarisoa M., Rakotondrafara A., et al. (2019). Synthèse et analyse de données sur les inventaires de plantes médicinales de Madagascar. *Ethnobotany Research & Applications* 18:40. 1- 19.
- 22) Rakotoarisoa M. A., Rakotoarivelo H., Rakotonandrasana S., Rasolofomanana J.R., Randriamialinoro F., Ranarivelo L., et al. (2016). Etudes chimique et biologique de sept plantes médicinales de Madagascar de la famille *Rubiaceae*. *Mada-Hary*, ISSN 2410-0315, Vol.5.

- 23) Rakotonandrasana, S. R. (2013). Les plantes médicinales de l'aire protégée de Zahamena (Madagascar) et de ses environs : richesse floristique et endémicité. *Scripta Botanica Belgia*. 50. 356-362.
- 24) Shailajan S., Menon S., Pednekar S., Singh A. (2011). Wound healing efficacy of *Jatyaditaila* : *In vivo* evaluation in rat using excision wound model. *J. Ethnopharmacol.* 138 (1) : 99-104.
- 25) Schatz G.E. (2001). Flore générique des arbres de Madagascar. Royal botanique Garden & Missouri Botanical Garden, Kew, 516p.

CALOPHYLLUM INOPHYLLUM, UNE RESSOURCE A PROMOUVOIR POUR LA PRODUCTION DU BIODIESEL

par

RAMAHANDRY Rovaniaina Nantenaina⁽¹⁾, RANDRIAMBANONA Herizo^(2, 3),
RANDRIANA Nambinina Fortuné Richard⁽¹⁾

(1) Université d'Antananarivo, Ecole doctorale Génies des Procédés et des Systèmes Industriels, Agricoles et Alimentaires, ESPA - Antananarivo 101, Madagascar

(2) Université d'Antananarivo, «Centre National de Recherche en Environnement»
Tsimbazaza BP 1739, Antananarivo 101, Madagascar

(3) Institut Supérieur des Sciences, Environnement et Développement Durable (ISSEDD),
Université de Toamasina, BP 591, Toamasina 501, Madagascar.

RESUME

Les ressources renouvelables sont très appréciées pour résoudre nos problèmes énergétiques de l'humanité. La filière agrocarburant promeut les produits agricoles pour produire du carburant alternatif au produit fossiles. Une étude technico-économique fut l'objet de ce présent travail pour vérifier si le *Calophyllum inophyllum* est une bonne ressource oléagineuse permettant de produire du biodiesel ou non. Il est alors observé que $9,08 \pm 0,51$ kg de biodiesel est obtenu par pied d'arbre. Les propriétés physico-chimiques du biodiesel produit assurent la qualité du carburant (sa densité à 20° était de $0,8958 \pm 0,0099$, sa viscosité à 20°C était de $34,3253 \pm 0,1765$ cSt, son pouvoir calorifique inférieure valait $29813,01 \pm 1,2247$ KJ/l et son indice d'acide après un stockage prolongé s'élevait jusqu'à $30,9360 \pm 0,5500$ mg de KOH/g). La clarification de l'huile avant la transestérification améliore la qualité de l'huile et les insaponifiable enlevés sont valorisables. L'intensification de la plantation des arbres fournit la matière première. A part les intérêts économiques lors de la valorisation des sous-produits, des avantages socio-culturels sont aussi gagnés. A travers la valorisation du bois précieux, la sculpture, une des activités locales est aussi vulgarisée. Pour le cas de la région Est et Sud-est, la promotion du Foraha pour la production du biodiesel est techniquement faisable et socio économiquement avantageux.

Mots clés : Biodiesel, *Calophyllum Inophyllum*, énergie, agriculture, carburant

ABSTRACT

Renewable resources are highly esteemed for solving the energy problem of humanity. Agrofuel sector promotes agricultural products to produce alternative to fossil fuels. A technical and economical studies were conduct in this present work in order to verify if *Calophyllum inophyllum* is a kind resource allowable to produce biodiesel or not. It is then observed that 9.08 ± 0.51 kg of biodiesel is obtained per tree. The physicochemical properties of the made biodiesel prove the fuel quality (its density at 20° was 0.8958 ± 0.0099 , its viscosity at 20°C was $34.3253 \pm 0.1765 \text{cSt}$, its lower calorific value was $29,813.01 \pm 1.2247 \text{ KJ / l}$ and its acid number after prolonged storage was up to $30.9360 \pm 0.5500 \text{ mg KOH / g}$). The clarification of the oil before the esterification improves quality of the made fuel and the components matter removed is recoverable. The raw material was from planted tree. Besides the economic interests seems advantageous through valorization of the by-products, socio-cultural has also a positive view. By the promotion of precious wood, sculpture, one of the local activities is also supported. In the case of the East and Southeast region, the promotion of Foraha for the production of biodiesel was technically practicable and socio-economically was advantageous.

Keywords : Biodiesel, *Calophyllum inophyllum*, energy, agriculture, fuel

INTRODUCTION

L'énergie est un secteur et un levier de développement de diverses activités économiques (Nation Unies, 2017). La limitation des ressources et leurs disponibilités restreintes restent un problème incontournable pour nos pays. Tel est le cas de l'énergie fossile ; l'importation quasi-absolue des produits pétroliers, l'inflation du prix, la distribution irrégulière dans certaines régions manifestent notre problème énergétique (Randriambola & Abdallah, 2012). Les ressources renouvelables sont suggérées comme alternatives aux fossiles (MESUPRES 2015). L'agriculture offre une meilleure opportunité pour combler des besoins en carburant à travers les agrocarburants. Les ressources oléagineuses converties en biodiesel est une alternative ou une additive au gazole (Siddhart & Ragit, 2017). Pourtant, la situation économique du Biodiesel actuelle ne rend pas sa commercialisation plus aisée (Cheneval, 2011). La compétition du prix entre le gazole et le biodiesel est loin d'être gagné. La culture oléagineuse détient un frais assez élevé dans sa facture. Le choix justifié des ressources à promouvoir s'avère indispensable. La promotion du « *Calophyllum inophyllum* » comme ressources énergétiques arrivera-t-il à pallier

nos besoins en carburant ? Ce travail veut mener une étude technique et économique de la production du biodiesel avec cette plante oléagineuse. Il s'agit de planter intensivement l'arbre, de valoriser ses sous-produits et de mécaniser nos activités par le biodiesel.

METHODE ET MATERIELS

Le *Calophyllum inophyllum*, connu sous le nom « Foraha », est un arbre de la famille des « *Calophyllacées* », sa taille peut atteindre jusqu'à 20 m de hauteur. L'arbre fournit un bois dur très précieux. Les feuilles sont simple, allongés et très nerveux (visible, à la face inférieur). L'inflorescence est formée d'une grappe de 3 à 15 fleurs ce dernier est constituée de 4 sépales blancs et de nombreuse étamine. Le fruit est globuleux de 2,5 à 3,5 cm de diamètre. La graine (kernel) oléagineuse est aussi globuleuse et apicule (Shanmugapriya, et al, 2016). L'arbre est originaire des littoraux de l'océan Indien. Il se développe mieux dans la région tropicale chaude. La plante prospère un sol sableux, salé, meuble et frais. La multiplication de la plante se fait par germination des graines tombantes à son pied (Friday & Okano, 2006).

L'huile est extraite des graines de Foraha par pression à froid. Le profil d'acide gras de l'huile est déterminé par la chromatographie en phase gazeuse selon la norme (NF IN ISO 5508. 5509). La décoloration de l'huile s'effectue avec le méthanol, ce dernier est utilisé comme réactif à la transestérification. Cette réaction est catalysée par une base forte et conduit à une température 65° C pendant une heure. Une série de lavage purifiait le biodiesel et récupère la glycérine. La qualité du biodiesel produit est testé suivant le standard EN 14214sa densité est déterminée selon la méthode NF T 60 214. La détermination sa viscosité suivait le NF M07-097. Le pouvoir calorifique inférieur a été donné par la mesure de l'élévation de température d'eau immergeant une bombe calorimétrique. L'indice d'acide du biodiesel augmente avec la durée du stockage, un dosage selon la méthode décrite par le standard NF ISO 660 permettait de déterminer son indice d'acide.

L'étude économique consiste à disposer en grande quantité les matières premières par la plantation des arbres. Une pépinière avec « le *Calophyllum inophyllum* » était préparée avec un organisme spécialiste. La plantation sur une surface importante dédiée à l'énergie fournit la matière première. En outre, la valorisation des différents sous-produits constituait une somme élevée dans le chiffre d'affaire surtout les sous-produits propres au Foraha qui sont des composants actifs de très haute valeurs. La promotion de la population rurale, initié par un encadrement

technique faisait un point à explorer sur la main d’œuvre. La mise en œuvre d’une association paysanne visant l’innovation maintient une relation sociale saine au promoteur du Projet. La vulgarisation de leur activité culturelle faisait un débouché potentiel au sous-produit. Le bois de Foraha est une qualité appréciée à la sculpture.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

La presse des graines permet d’obtenir 28,4% en masse d’huile, soit 1,42 kg d’huile de couleur vert est extrait de 5 Kg de graines. Ensuite le profil d’acide gras de l’huile est présenté dans le tableau 1. Dans les conditions décrites, le taux de conversion en biodiesel atteint 80,83% en masse d’huile et 8% de glycérine est récupéré lors du lavage. Lors du test qualité du biodiesel produit, quatre propriétés sont regroupés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Profile d'acide gras de l'ester de Foraha

Symbole	Nom	Valeur observée	Littérature (Dinesh, et al, 2019)
C 16:0	Acide palmitique	14,17 %	14,40%
C 18:0	Acide stéarique	9,12 %	15,57%
C 18 : 1w9	Acide oléique	37,83 %	34,41%
C 18 : 2w6	Acide linoléique	38,87 %	28,34%

Tableau 3 : Propriétés physico-chimiques du biodiesel de Foraha

	Densité (à 20°C)	Viscosité (cSt à 20°C)	Indice d’acide (mg de KOH/g)	Pouvoir calorifique inférieure (KJ/l)
Foraha	0,8958 ± 0,0099	34,3253 ± 0,1765	30,9360 ± 0,5500	29 813,01 ± 1,2247
Foraha décoloré	0,8754 ± 0,0591	21,5428 ± 0,3519	7,2549 ±0,2543	31 254,08 ± 1,6529
Gazole EN 950	0,876	3 à 7	0,50	36 855
Biodiesel	0,860 à 0,900	1,9 à 10	0,50	38 400

La densité et la viscosité du biodiesel est amélioré par la classification de l'huile avant la transestérification. La même remarque est observée avec le pouvoir calorifique. Cependant, l'acidité de biodiesel reste élevée après un stockage prolongé de 4 Mois. D'autres moyens de conservation s'avèrent indispensable pour éviter le rancissement du biodiesel (Récipient fermé et teinté, ajout d'un antioxydant). En somme, il est observé que l'huile de Foraha est techniquement convertissable en biodiesel ayant une qualité répondant aux exigences de la norme EN14214 et du standard ASTM D6751-12.

La plantation des arbres est chargée par un organisme spécialisé avec un coût de 5 000 Ar par pied. L'entretien de l'arbre planté est quasi-minimisé parce que l'arbre convient aux conditions édaphiques de la région.

La valorisation de sous-produits connaît des avantages changeant l'aspect économique du biodiesel. L'Huile de Foraha est très riche en insaponifiable (Laure, 2005). Ces composants mineurs connaissent des activités pharmaceutiques très intéressantes. Ils permettent la restriction dermique et cicatrisante. D'autres effets, tel sur fluidifiant est aussi signalé. Son application externe allège les jambes et la varice (Min Oo, 2018). D'ailleurs, le bois dur de *Foraha* est une matière première très appréciée à la fabrication des meubles, de la sculpture et du « Lakana » comme disait les malgaches, comme le bois est précieux sa valeur est aussi élevée (Thiel, 1955). De plus exploitation de bois contribue à la vulgarisation de la sculpture de Foko locale. Une des activités culturelles potentiellement exploitable. Un aperçu d'un état financier du projet est présenté dans le tableau 3.

Tableau 4: Etat financière de la production et commercialisation du biodiesel

Objectifs spécifiques	Produits et Activités	Quantité	Prix unitaire	Recette	Dépense
Création de l'entreprise	Légalisation du terrain	1 ha			10 000 000
	Formalisation de l'entreprise				6 000 000
	Equipements et matériels	3 localités			4 600 000
	Sous-total				- 20 600 000
Production du biodiesel	Huile	10 000 l	1 000 Ar/l		10 000 000
	Réactifs	5 000 l	2 000 Ar		10 000 000
	Transformation de l'huile				10 000 000
	Biodiesel	10 000 l	3 000 Ar/l	30 000 000	30 000 000
	Sous-total				+ 000 000

Valorisation des sous-produits	Engrais organiques et tourteaux	50 000 kg	100Ar/kg	5 000 000	500 000
	Glycérine	1 000 l	12 000Ar/l	12 000 000	200 000
	Extrait actif des insaponifiables	1 kg		11 200 000	2 000 000
	Sous-total				+ 25 500 000
Plantation et valorisation de l'arbre	Plantation de 200 pieds	200 pieds	2500		500 000
	Promotion de la sculpture				200 000
	Vulgarisation				
	Sous-total				-700 000
Total dépenses/ recettes			+58 200 000		-54 000 000
Bénéfices			4 200 000 Ar		

En répartissant le coût de la création de l'entreprise en 5 ans un bénéfice de 15 800 000 Ar est gagné pour les cinq premières années avec un investissement de 58 200 000 Ar. Le coût des extraits actifs rend le Foraha une ressource économiquement gagnante.

CONCLUSION

A la fin, il figure que le choix du *Calophyllum inophyllum* comme matière première à la production du biodiesel est avantageux dans le cas de la région Est de Madagascar. Suivant, les expérimentations et manipulations réalisées, il a été observé que 1,42 l de biodiesel est obtenu à partir de 5Kg de graines de Foraha. Soit $9,08 \pm 0,51$ par pied. Les propriétés physico chimiques du biodiesel produit révèlent que l'ester de Foraha est un bon carburant. Sa densité est de $0,8958 \pm 0,0099$, sa viscosité est de $34,3253 \pm 0,1765$ cSt et son pouvoir calorifique atteint $29813,01 \pm 1,2247$ KJ/l. Il paraît que la classification de l'huile améliore la qualité de carburant et les insaponifiables enlevées constituent des sous-produits de haute valeur. Après 25 années de production de graine, la plante fournit du bois précieux à haut intérêt économique et culturelle. Les mains d'œuvres à la production faisaient une offre d'emploi aux jeunes rurales. Néanmoins la bonne gestion des graines pour la semence et l'exploitation énergétiques est indispensable. L'intensification de la culture évite tout risque de disparition de l'espèce. Bref, après la fructification de l'arbre ; la filière biodiesel connaît un succès économique et technique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) Cheneval, E., Adam-Poupart, A., & Zayed, J. (2011). La crise alimentaire, le développement durable et les biocarburants : perspective et avenir. *Vertigo, la revue électronique en sciences de l'environnement* vol11, N°1.
- 2) Dinesh, K., Tamilvanan, A., Vaishnavi, S., Gopinath, M., & RajMohan, K. (2019). Biodiesel production using Calophyllum inophyllum (Tamanu) seed oil and its compatibility test in a CI engine. *Biofuels Vol 10, Issue 3 Biofuels for sustainable development*.
- 3) Friday, J., & Okano, D. (2006). Calophyllum inophyllum (Kamani) in Species Profiles for Pacific Island Agroforestry. *Elevich, CR (éd.) Permanent Agriculture Resources (PAR) Holualoa Hawai*.
- 4) L'accès à l'énergie comme vecteur de transformation. (2017). *Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement*.
- 5) Laure, F. (2005). *Etude de la composition chimique et de la biodiversité du Calophyllum Inophyllum de Polynésie française*. Nice: Thèse de doctorat de l'Université de la Polynésie française.
- 6) Min Oo, W. (2018). Pharmacological Properties of Calophyllum inophyllum-Updated Review. *International Journal of Photochemistry and Photobiology Vol 2 N° 1*, 28-32.
- 7) Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique. (2015). *Plan directeur de la recherche sur les énergies renouvelables*.
- 8) Office Malgaches des hydrocarbures. (2019, décembre 16). *Structure des prix maxima à la pompe des carburants - juin 2019*.
- 9) Randriambola, V., & Abdallah, I. (2012). *Diagnostic du secteur énergie à Madagascar*. Rapport septembre 2012 du WWF.
- 10) Shanmugapriya, yeng, C., Subramanion Lachumy, J., & Sreenivasan, S. (2016). Calophyllum inophyllum: A Medical Plant with Multiple Curative Values. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences* 7 (4), 28-32.
- 11) Siddhart, S., & Ragit, S. (2017). Calophyllum inophyllum biodiesel as a future transportation fuel in compression Ignition Engine. A review. *International Journal Vol 3, Issue 3*, 573-585.
- 12) Thiel, J. (1955). Bois et essences malgaches, in Publication du centre technique forestier tropical (3è supplement) 1975. Dans G. Paul. Imprimerie société malgaches d'édition 26, Rue Bereni-Tananarive.

VARIABILITE LONGITUDINALE DE LA DENSITE DU BOIS DES ESPECES TROPICALES DE MADAGASCAR

par

RAZAFINARIVO Ravo Nantenaina Gabriella^(1,3), RAFETRASON Felana Nirintsoa⁽¹⁾,
CHAIX Gilles^(2,3,5), FILHO Mario Tomazello⁽³⁾, RAZAKAMANARIVO
Herintsitohaina⁽⁴⁾, RAMANANANTOANDRO Tahiana⁽¹⁾

(1) Université d'Antananarivo, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département Eaux et Forêts,
BP 175, Antananarivo 101, Madagascar

(2) CIRAD, UMR AGAP, 34395 Montpellier, Cedex 9, France

(3) Escola Superior de Agricultura « Luiz de Queiroz », LAIM, Universidade de São Paulo, Av. Pádua Dias,
11 – CP 9 – Piracicaba, SP – Brasil

(4) Laboratoire des Radioisotopes, BP 3383, Route d'Andraisoro, Antananarivo 101, Madagascar ;

(5) AGAP, Univ Montpellier, CIRAD, INRA, Montpellier SupAgro, Montpellier, France.

RESUME

Le bois se distingue des autres matériaux par la variabilité de ses propriétés dans l'arbre et entre les arbres. Pourtant, la variabilité longitudinale des propriétés du bois au niveau des racines, des troncs et des branches a été peu explorée. Ainsi, la présente étude vise à déterminer la tendance de variation de la densité du bois le long de l'écoulement de la sève. Cette variabilité a été analysée sur 569 échantillons de bois de 10 espèces tropicales de forêts humides de Madagascar récoltés sur deux sites différents. Ils ont été prélevés sur neuf positions au sein des arbres allant des petites racines jusqu'aux branches fines. Des mesures de densité du bois ont été réalisées. Les résultats ont montré que les racines sont moins denses que les troncs et les branches. La densité du bois augmente des petites racines jusqu'à la souche de l'arbre qui est la partie la plus dense. Puis elle décroît le long du tronc pour remonter au niveau des grosses branches et enfin diminue vers les branches fines. En outre, la densité du bois des branches est un bon prédicateur de la densité du bois du tronc et présente une relation significativement positive. Ces résultats ont contribué à la connaissance de la variabilité de la densité du bois sur le plan longitudinal qui pourrait concourir à une meilleure estimation de la biomasse forestière et du stock de carbone en tant que service écosystémique présentant des avantages économiques pour les populations locales.

Mots-clés : Variation densité du bois, racines, troncs, branches, biomasse forestière, forêt tropicale humide, Madagascar

ABSTRACT

Wood is distinguished from other materials by the variability of its properties within and between trees. However, the longitudinal variability of wood properties in roots, stems and branches has been little explored. Thus, this study aims to determine the trend of variation in wood density along the sap flow. This variability was analyzed on 569 wood samples from 10 tropical rainforest species of Madagascar collected at two different sites. They were collected from nine positions within trees ranging from small roots to fine branches. Measurements of wood density were made. The results showed that roots are less dense than stems and branches. The wood density increases from the small roots to the stump of the tree, which is the densest part. Then it decreases along the stem to rise to the level of the large branches and finally decreases to the fine branches. In addition, branch wood density is a good predictor of stem wood density and has a significantly positive relationship. These results have contributed to the knowledge of longitudinal variability of wood density that could contribute to a better estimate of forest biomass and carbon stock as an ecosystem service with economic benefits for local populations.

Key words : Wood density variation, roots, stem, branches, forest biomass, tropical rainforest, Madagascar

INTRODUCTION

Le bois a toujours tenu une place importante dans la vie de l'Homme. C'est un matériau à multi usages. Ses différentes utilisations, connaissant actuellement un regain d'intérêt, font de cette matière première un produit incontournable. A Madagascar, le bois est un des principaux matériaux utilisés dans diverses constructions. C'est également la source d'énergie privilégiée par la plupart des foyers puisqu'il représente environ 90% des offres énergétiques du pays (Montagne et al. 2010), surtout en milieu rural.

Le bois est aussi prisé pour ses propriétés technologiques remarquables, son caractère renouvelable et son aptitude à stocker le carbone (Trouy-Triboulot and Triboulot 2001). Toutefois, les bois locaux restent sous exploités faute de connaissance de leurs propriétés malgré la grande richesse en espèces forestières à Madagascar (Goodman et al. 2008).

La densité du bois est une des propriétés incontournables parce qu'elle est liée à plusieurs propriétés physiques et technologiques du bois (Ramanantoandro et al., 2013 ; Nakagawa et al., 2016). Elle constitue le meilleur indicateur de la qualité du

bois. C'est de ce fait un facteur clé dans la détermination des propriétés physiques, mécaniques, physiologiques et écologiques du bois (Chave et *al.* 2006).

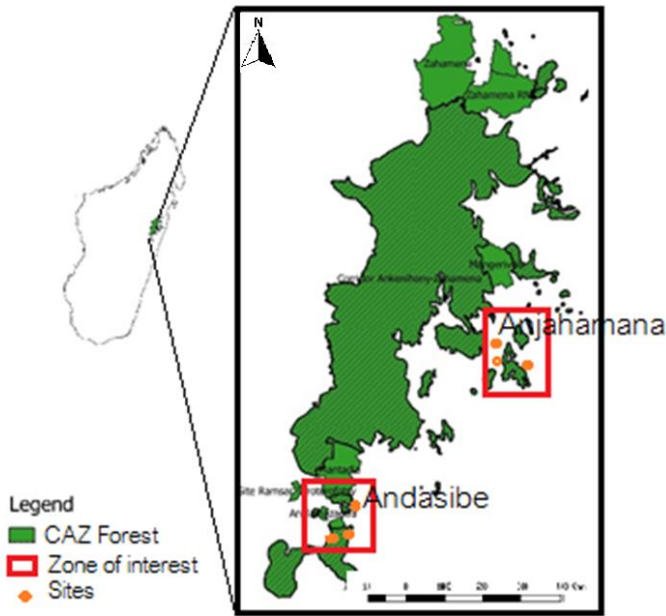
En outre, face au dérèglement climatique, un des services écosystémiques les plus demandés actuellement est la séquestration de carbone. Cela a conduit récemment au développement des recherches sur la réduction des émissions dues à la déforestation et la dégradation des forêts (REDD+) et a amené la communauté scientifique à s'intéresser de près à la densité du bois. En effet, cette dernière constitue une variable cruciale dans les équations allométriques qui estiment la quantité de carbone stocké par les forêts tropicales (Chave et *al.* 2005; Henry et *al.* 2010).

Les études portant sur la variation des propriétés du bois dans les forêts tropicales ont souvent été limitées aux troncs et branches principales (Sarmiento et *al.*, 2011). Cependant, la densité du bois est un trait fonctionnel variable impliqué dans tous les tissus du bois le long du trajet d'écoulement de la racine aux branches. Pour le cas de Madagascar, une étude sur la variabilité radiale de la densité du bois d'essences autochtones a déjà été effectuée et a révélé que même si la variation de cette densité est faible de la moelle à l'écorce, elle existe (Ramananantoandro et *al.* 2016). Cependant, aucune recherche n'a encore été faite sur la variabilité longitudinale des espèces malgaches. Or, il est important de s'y intéresser étant donné qu'il peut exister des différences de densité entre les organes et à chaque niveau de hauteur sur le tronc, selon les espèces (Amoah et *al.* 2012; Dadzie et *al.* 2016). Cette étude se propose ainsi de traiter la variabilité longitudinale de la densité du bois des racines, du tronc et des branches de dix essences autochtones malgaches prélevées dans le Corridor Ankeniheny-Zahamena (CAZ) en vue de déterminer la tendance de variation et les interrelations entre les densités des différents organes.

MATERIELS ET METHODES

Sites d'étude et échantillonnage

Les sites de prélèvement des échantillons sont inclus dans la Nouvelle Aire Protégée (NAP) Corridor Ankeniheny-Zahamena (CAZ) dans la partie Est de Madagascar. Ces sites se répartissent dans les deux zones d'intérêt ZOI2 (Andasibe) et ZOI3 (Anjahamana) qui sont considérées comme les zones les plus représentatives de la forêt (Carte 1). Le climat y est de type tropical humide sans saison sèche distincte. La température moyenne annuelle de 19°C pour Andasibe et de 24°C pour Anjahamana. Les précipitations annuelles sont respectivement de 1953 et 2646 mm (Fick and Hijmans 2017). Les sols sont à texture argile-sableuse, limono argilo-sableuse et limon sableuse sur les deux sites (Razakamanarivo et *al.* 2017a).



Carte 1 : Zones d'étude

Les 10 essences prélevées ont été choisies en fonction de leur abondance dans les forêts étudiées. Elles ont été identifiées lors des travaux d'inventaire réalisés par le Laboratoire des Radioisotopes (LRI) dans le cadre du projet p4ges (Razakamanarivo et *al.* 2017b). Ces espèces appartiennent aux genres : *Uapaca*, *Syzygium*, *Cryptocarya* et *Symphonia*. Les diamètres des arbres varient de 5,2 cm à 54 cm.

Pour chaque arbre, nous avons collecté des échantillons de bois de petites racines, de racines fortes, de souche ; des disques de bois au niveau de la base du tronc, à 1.3m de hauteur, au milieu et au-dessous de la première ramification des grosses branches ; ainsi que des rameaux de branches et des branches fines (Figure 1).



Figure 2: Echantillonnage au sein des arbres cibles

Mesure de la densité du bois

La densité du bois est obtenue en divisant la masse anhydre de l'échantillon par son volume saturé pour chaque segment de bois (Williamson and Wiemann 2010). Des éprouvettes de 20mm × 20mm × 20mm ont été extraites de chaque échantillon collecté à l'exception des petits organes qui ont été coupés transversalement sur une longueur de 20mm. Pour obtenir la masse anhydre, les échantillons ont été placés dans une étuve à 103°C pendant au moins 48 heures. Ils ont ensuite été pesés directement après leur sortie de l'étuve afin d'éviter que les échantillons ne se stabilisent à l'air ambiant.

Quant au volume saturé, il a été obtenu par la saturation des échantillons à l'eau. Les échantillons ont été placés dans un récipient rempli d'eau pendant une durée de 4 à 5 jours selon leur taille. Après cela, la méthode d'Archimède par déplacement d'eau a été utilisée pour l'obtention du volume. Les mesures ont été réalisées à l'aide d'une balance électronique d'une précision de 0,01 mg.

Analyse des données

L'objectif étant d'analyser les variabilités selon les espèces et les organes de la densité du bois, une analyse de variance (ANOVA) a été effectuée en recourant au modèle linéaire mixte à l'aide de la fonction 'lmer' du package 'lme4' (Bates et al.

2019). Le facteur aléatoire « arbre » est subordonné aux facteurs fixes « espèces » puis « organe » et l'interaction « espèces x organes » pour les variations interspécifique et intra-arbre respectivement. Ainsi, pour chaque paramètre, le test posthoc de Tukey spécifie la différence entre les moyennes des valeurs mesurées selon les espèces et l'organe de l'arbre. Il faut toutefois noter que, la corrélation entre les différentes densités des organes a été aussi étudiée sur la base de l'analyse de corrélation de Pearson. Toutes les analyses ont été effectuées dans le package R 3.4.4 (R Development Core Team 2018).

RESULTATS

Variabilité interspécifique et intra arbre de la densité du bois

La densité de bois diffère significativement d'une espèce à l'autre ($F=12.1$; $P<0.001$). Sur les 10 espèces étudiées, la plus forte valeur de la densité est observée chez *Uapacasp.* soit $0,665 \pm 0,068 \text{ g/cm}^3$ et la plus faible chez *Cryptocaryapervillei* ($0,548 \pm 0,059 \text{ g/cm}^3$). Ces résultats montrent que le facteur espèce a un effet sur la variation de la densité du bois.

Pour ce qui concerne les compartiments au sein des arbres, une différence significative de la densité du bois ($F= 15.66$; $P <0.001$) a été observée pour l'ensemble des 10 espèces confondues. Les valeurs moyennes globales de la densité du bois des racines, des troncs et des branches sont respectivement de $0.604 \pm 0.107 \text{ g.cm}^{-3}$, $0.654 \pm 0.081 \text{ g.cm}^{-3}$ et $0.64 \pm 0.073 \text{ g.cm}^{-3}$ (Figure 2). Les racines sont donc moins denses au sein des arbres par rapport aux branches et troncs. Toutefois, cette variabilité de la densité du bois parmi les trois compartiments est faible, à raison de 7% entre la densité du bois des racines et du bois des troncs. La densité du bois dans les troncs et les branches ne diffèrent pas de plus de 2%.

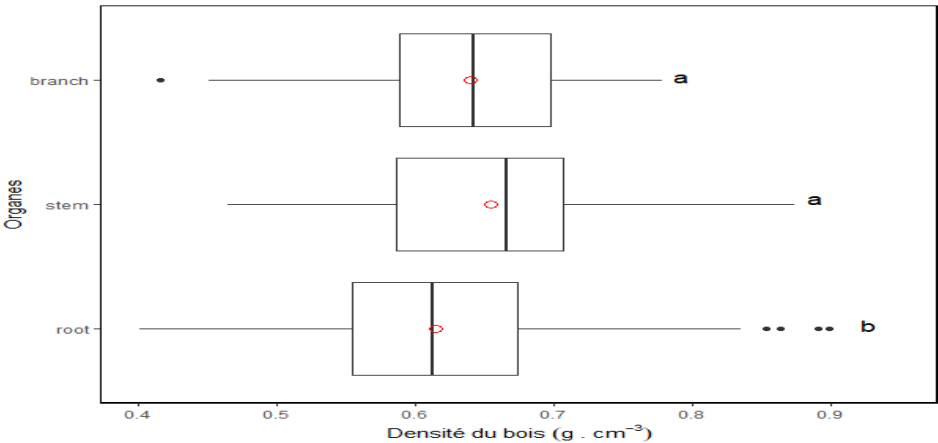


Figure 3 : Variation de la densité du bois entre les trois compartiments de l'arbre

Variabilité longitudinale de la densité du bois

Il n'existe pas de tendance commune de variation de la densité du bois des racines aux branches (Figure 3). En effet, la variation dépend de l'espèce. Néanmoins, on peut observer que pour la plupart des espèces étudiées, la densité augmente des petites racines jusqu'à la souche, puis diminue progressivement de la base du tronc jusqu'au sommet, et augmente légèrement au niveau des grosses branches et diminue au final au niveau des branches fines. La densité du bois de la souche est la plus élevée par rapport aux densités des autres parties de l'arbre.

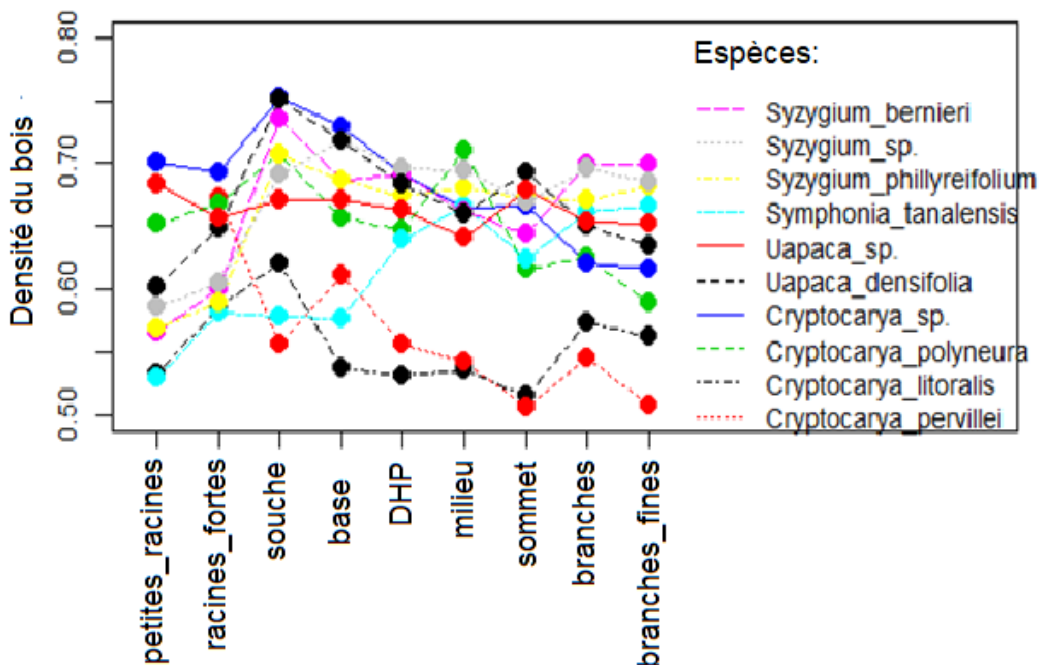


Figure 4 : Variation de la densité du bois des racines aux branches (DHP : diamètre à hauteur de poitrine)

Relations entre les densités de chaque organe

Des équations montrant les relations entre les densités des différents organes ont été élaborées.

Les relations sont positives entre elles. Les densités du bois des troncs et celles des racines ont des corrélations significativement modérées ($r=0.557$) (Figure 4a). Les densités du bois de branches et de racines sont faiblement corrélées ($r=0.256$) (Figure 4b). Alors que les densités du bois de branches et de troncs sont étroitement corrélées entre elles ($r=0.840$) (Figure 4c). Cela indique que la densité du bois des branches pourrait être un bon prédicteur de celle du tronc.

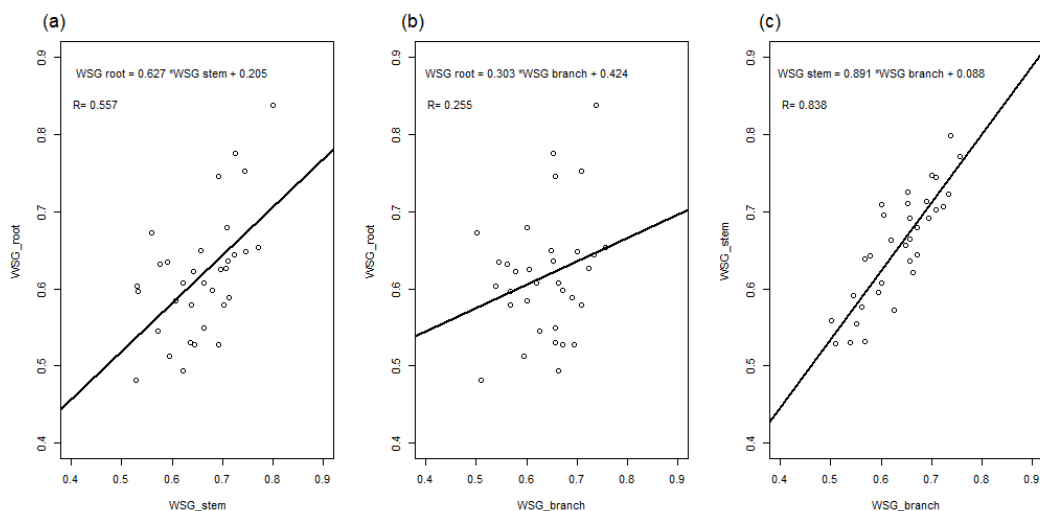


Figure 5 : Relations entre les différentes densités du bois de : (a) racines et tronc ; (b) racines et branches ; (c) tronc et branches des arbres des 10 espèces tropicales

DISCUSSIONS

Cette étude de la variabilité longitudinale de la densité du bois est pionnière pour les espèces autochtones malgaches. Le facteur espèce agit sur la variation de la densité du bois. La densité du bois est une propriété qui permet de caractériser une espèce car elle est corrélée avec des propriétés anatomiques qui peuvent être propres à chaque espèce comme la fréquence et le diamètre des vaisseaux ou la longueur des fibres (Martínez-Cabrera et al. 2009). Autrement dit, les propriétés anatomiques propres à chaque espèce peuvent être une explication aux différences de densité de chaque espèce.

Dans cette étude, une différence significative de densité entre les trois organes étudiés a été observée. Cela est conforme aux résultats de Henry et al. (2010) selon lesquels la densité du bois dépendait de sa position au niveau de l'arbre. Les densités des troncs et branches sont plus ou moins similaires (Bhat et al., 1990). C'est au niveau des racines que la différence est surtout remarquée avec une densité nettement plus faible par rapport aux autres parties. Cela peut être dû aux différences anatomiques au niveau des organes. En effet, selon Strubbe (2013) qui a effectué l'étude des relations entre la densité du bois et les propriétés des vaisseaux sur des espèces de reforestation d'une forêt tropicale montagnarde en Equateur, la densité du bois est négativement corrélée avec la densité des vaisseaux et positivement corrélée avec le diamètre des vaisseaux. Or, au niveau des racines, étant donné son rôle dans l'aspiration des matières organiques et de l'eau, la densité des vaisseaux est plus

élevée par rapport aux autres parties de l'arbre (Bhat 1982; Zimmermann and Potter 1982). De plus, les densités des vaisseaux au niveau des troncs et des branches sont plus ou moins similaires et sont corrélées (Sarmiento et *al.*, 2011). Les densités du bois du tronc et de branches sont étroitement corrélées entre elles. Dans ce cas, il serait possible d'estimer la densité des troncs en coupant seulement des fragments de branches et en mesurant leurs densités. Ce résultat est consistant avec celui de Sarmiento et al. (2011) qui ont rapporté une corrélation positive ($r=0.69$) sur 565 espèces de la Guyane Française et de Swenson and Enquist (2008) sur 27 espèces de Porto Rico avec une corrélation très élevée ($r=0.94$). Ce résultat pourra faciliter les travaux de collecte d'échantillons de bois sur terrain en vue de diminuer les dégâts engendrés dans les forêts lors des futurs travaux d'échantillonnage. Cela contribue à la conservation des forêts et une amélioration des précisions dans la quantification de biomasse et du stock de carbone forestier, notamment dans le cadre du mécanisme REDD+.

La souche est la partie la plus dense au sein de l'arbre comme étant constatée sur d'autres espèces tropicales (Nogueira et al. 2008; Sagang et *al.*, 2018). En effet, il y a production d'un bois plus résistant à cause du stress de flexion généré au niveau de ce point de contact entre les parties aériennes et souterraines de l'arbre.

Toutes ces variations au sein des compartiments et les corrélations entre les différents organes des arbres justifiaient l'importance de la prise en considération des valeurs de chaque organe dans les évaluations du stock de carbone forestier en vue d'améliorer la fiabilité d'estimation.

CONCLUSION

La présente étude a été la première à traiter de la variation longitudinale de la densité du bois à Madagascar et à s'intéresser aux densités des différents organes de l'arbre tels que les racines et les branches et non seulement le tronc. Cette densité croît des petites racines jusqu'à la souche (qui est la partie la plus dense de l'arbre) pour ensuite décroître tout le long du tronc pour remonter au niveau des grosses branches et enfin diminue vers les branches fines.

En outre, la connaissance des densités de ces espèces et de chaque partie permettra d' étoffer les bases de données existantes. Cette connaissance est très importante dans le contexte mondial puisque cette variable densité entre en jeu dans les équations allométriques de quantification du carbone forestier notamment pour les forêts tropicales.

REMERCIEMENTS

Les auteurs adressent leurs remerciements à l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF), l'Organization for Women in Science for the Developing World (OWSD) et le Cirad à travers les actions incitatives pour les doctorants du Sud pour leur soutien financier dans la réalisation de cette recherche.

Nous remercions en particulier Aparecido Siqueira du LAIM / ESALQ-USP et M. Jean Michel Taillois de la menuiserie PK17 à Antananarivo pour leur aide dans l'usinage du bois et la préparation des échantillons. Les auteurs tiennent également à remercier tous ceux qui ont participé aux travaux sur le terrain et en particulier le Laboratoire des radioisotopes (LRI) de l'Université d'Antananarivo qui a coordonné le projet p4ges ("Can Paying for Global Ecosystem Services reduce poverty ?") financé par l'Ecosystem Services for Poverty Alleviation (ESPA).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) Amoah M, Appiah-Yeboah J, Okai R (2012) Characterization of physical and mechanical properties of branch, stem and root wood of Iroko and Emire tropical trees. *Res J Appl Sci Eng Technol* 4:1755–1761
- 2) Bates D, Maechler M, Bolker B, et al (2019) lme4: Linear Mixed-Effects Models using “Eigen” and S4
- 3) Bhat KM (1982) A note on cellular proportions and basic density of lateral roots in Birch. *IAWA Bull* 3:89–94
- 4) Bhat KM, Bhat KV, Dhamodaran TK (1990) Wood specific gravity in stem and branches of eleven timbers from Kerala. *Indian For* 116:541–546
- 5) Chave J, Andalo C, Brown S, et al (2005) Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145:87–99. Doi : 10.1007/s00442-005-0100-x
- 6) Chave J, Muller-Landau HC, Baker TR, et al (2006) Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 neotropical tree species. *Ecol Appl* 16:2356–2367. Doi : 10.3159/1095-5674(2007)134[301:SCROHD]2.0.CO;2
- 7) Dadzie PK, Amoah M, Frimpong-Mensah K, Shi SQ (2016) Comparison of density and selected microscopic characteristics of stem and branch wood of two commercial trees in Ghana. *Wood Sci Technol* 50:91–104. Doi : 10.1007/s00226-015-0763-3
- 8) Fick SE, Hijmans RJ (2017) WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *Int J Climatol*. Doi : 10.1002/joc.5086

- 9) Goodman SM, Wilmé L, Schütz H (2008) Paysages naturels et biodiversité de Madagascar
- 10) Henry M, Besnard A, Asante WA, et al (2010) Wood density, phytomass variations within and among trees, and allometric equations in a tropical rainforest of Africa. For Ecol Manage 260:1375–1388. Doi : 10.1016/j.foreco.2010.07.040
- 11) Martínez-Cabrera HI, Jones CS, Espino S, Jochen Schenk H (2009) Wood anatomy and wood density in shrubs: Responses to varying aridity along transcontinental transects. Am J Bot 96:1388–1398. Doi : 10.3732/ajb.0800237
- 12) Montagne P, Razafimahatratra S, Rasamindisa A, Crehay R (2010) Arina. Le charbon de bois à Madagascar, entre demande et gestion durable
- 13) Nakagawa M, Hori M, Umemura M, Ishida T (2016) Relationships of wood density and wood chemical traits between stems and coarse roots across 53 Bornean tropical tree species. J Trop Ecol 32:175–178. Doi : 10.1017/S0266467416000018
- 14) Nogueira EM, Fearnside PM, Nelson BW, et al (2008) Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: New allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. For Ecol Manage 256:1853–1867. Doi : 10.1016/j.foreco.2008.07.022
- 15) R Development Core Team (2018) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing
- 16) Ramananantoandro T, Ramanakoto MF, Rajemison AH, Eyma F (2013) Relationship between density and aesthetic attributes of wood and preference of Malagasy consumers. Ann For Sci 70:649–658. Doi: 10.1007/s13595-013-0299-3
- 17) Ramananantoandro T, Ramanakoto MF, Rajoelison GL, et al (2016) Influence of tree species, tree diameter and soil types on wood density and its radial variation in a mid-altitude rainforest in Madagascar. Ann Sci For 12
- 18) Razakamanarivo H, Razafimbelo T, Andriamananjara A, et al (2017a) Soil profile and chemistry data in the Ankeniheny Zahamena forest corridor, Madagascar. NERC Environ Inf Data Cent
- 19) Razakamanarivo H, Razafimbelo T, Andriamananjara A, et al (2017b) Forest inventory, dendrometric tree characteristics and aboveground biomass data in Ankeniheny Zahamena forest corridor, Madagascar.
- 20) Sagang LBT, Momo ST, Libalah MB, et al (2018) Using volume-weighted average wood specific gravity of trees reduces bias in aboveground biomass predictions from forest volume data. For Ecol Manage 424:519–528. Doi : 10.1016/j.foreco.2018.04.054

- 21) Sarmiento C, Patiño S, Paine CET, et al (2011) Within-individual variation of trunk and branch xylem density in tropical trees. *Am J Bot* 98:140–149. Doi : 10.3732/ajb.1000034
- 22) Strubbe M (2013) Variation of wood density and vessel traits along an altitude gradient in a tropical montane cloud forest in Ecuador
- 23) Swenson NG, Enquist BJ (2008) The relationship between stem and branch wood specific gravity and the ability of each measure to predict leaf area. *Am J Bot* 95:516–519
- 24) Trouy-Triboulot M-C, Triboulot P (2001) Matériau bois : Structure et caractéristiques
- 25) Williamson GB, Wiemann MC (2010) Measuring wood specific gravity ... Correctly. *Am J Bot* 97:519–524. Doi : 10.3732/ajb.0900243
- 26) Zimmermann MH, Potter D (1982) Vessel-length distribution in branches, stem and roots of *Acer rubrum* L. *IAWA Bull* 3 : 103–109

MONETARISATION DE L'UTILISATION DIRECTE DE L'ECOSYSTEME A MANGROVE : CAS DE BOANAMARY ET SOALALA

par

**RAZANAJATOVO Kanto ⁽¹⁾, RAHELISON Tsimiovalaza ⁽²⁾,
RABESA Zafera Antoine⁽³⁾**

(1) Ecole Doctorale Ecosystèmes Naturels, Université de Mahajanga

(2) Institut Universitaire de Gestion et de Management, Université de Mahajanga

(3) Faculté des Sciences et de Technologies de l'Environnement
Université de Mahajanga

RESUME

L'absence de données et d'information sur la valeur actuelle de l'écosystème rend son exploitation et sa gestion risquées. En plus des pertes économiques engendrées par la dégradation de l'environnement, les dégâts économiques causés par l'absence des services écosystémiques ont aussi des impacts sur le social. La monétarisation et l'évaluation économique de la mangrove est une étape essentielle dans l'identification de sa bonne gestion et l'élaboration des réglementations portant sur sa protection. Le niveau de dépendance de la population locale à la mangrove est à 94,25%, d'où la nécessité de la gérer d'une manière intelligente face aux pressions anthropiques qui la menace.

INTRODUCTION

La mangrove est un écosystème littoral se trouvant entre les parallèles 30° Nord et Sud. Elle comprend un système complexe rendant les flores et les faunes dépendants de son existence. Les services écologiques que rendent les mangroves sont multiples et conditionnent tout un réseau comme la protection contre l'érosion littorale, le rôle de nourricière dans le développement des poissons et crustacées, la séquestration de carbone. A part les services écologiques, la mangrove tient un rôle important dans le développement économique.

En tant que ressources naturelles, la mangrove contribue d'une manière significative dans les activités génératrices de revenus et par conséquent le développement économique local. Certaines activités comme l'extraction de bois ou

l'aquaculture sont intensément pratiquées et d'autres le sont moins comme l'apiculture ou la sériciculture.

La pression anthropique, qui prend de plus en plus d'ampleur, menace la disponibilité de ces ressources pour le long terme et par conséquent le développement durable, sans parler des risques liés à la disparition des services écologiques sur la vie humaine en général. Ainsi, la méconnaissance de la valeur d'un bien et le stock disponible de ce même bien peut conduire à l'exploitation excessive de ce bien. Les communes de Boanamaray et de Soalala, dans la région Boeny, sont des sites ayant une potentialité considérable en mangrove. Elles contribuent à l'approvisionnement en ressources naturelles de la ville de Mahajanga et même des autres villes.

La quantification et la monétarisation des ressources naturelles disponibles sur le sol malagasy est difficile et, presque inexistante (Breuil et *al.*, 2014) bien que l'avancée d'une telle recherche permette d'élaborer des plans de gestion durable. Le concept étant d'intégrer dans le développement les contextes écologique- économique-social (Ibnu et *al.*, 2017). Sans quoi, ces plans n'aboutiront pas. Sachant que le développement n'est durable que lorsque les ressources utilisées sont constamment supérieures à la consommation.

L'objectif général de la monétarisation directe des ressources naturelles issues de l'écosystème à mangrove est d'apporter un support d'aide aux autorités compétentes dans l'élaboration des décisions et des textes réglementaires.

Plus spécifiquement, les objectifs de cette recherche se divisent en deux. La première est la détermination exhaustive des activités autour de la mangrove, et d'en déduire le niveau de dépendance de la population locale en elle. La seconde est de fournir une valeur monétaire des ressources procurant des bénéfices économiques directes issues de la mangrove ainsi que les différents paramètres affectant le prix de ces biens et leurs liens aux services écologiques.

Les résultats attendus s'orientent en premier lieu vers une identification des activités génératrices de revenu autour de la mangrove de Boanamaray et de Soalala. Puis, en second lieu, la détermination du niveau de dépendance de la population locale à la mangrove. Enfin, en troisième lieu, la mise en place d'une vue d'ensemble sur la valeur économique des ressources naturelles à usage direct dans ces sites à zones humides.

En s'appuyant sur les modèles d'évaluation économiques des zones humides (Barbier et *al.*, 1993), la détermination de l'Utilisation Directe de l'écosystème à mangrove passe par un cadre méthodologique strict suivant la méthode du « *market-based approach* ».

MATERIEL

Choix des sites

Les sites choisis pour mener l'étude sont la commune rurale de Boanamaray et la commune rurale de 2^e catégorie de Soalala.



Source: Google Earth, 2019

Figure 1 : Site de Boanamaray

La commune rurale de Boanamaray est un site ancré depuis une décennie dans l'exploitation de la zone humide, en l'occurrence l'estuaire et la mangrove. Ce site a une superficie de 325,07 km², divisé en sept fokontany repartis sur 16750 hectares, soit 51,5% du territoire est occupé par les zones humides, dont les mangroves (SAC Boanamaray, 2015).

Des attentions particulières ont été apportées par le gouvernement pour la protection de la mangrove de ce site, en insistant sur les activités liées aux ressources halieutiques et à la pêche.

Un secteur dont le site fait preuve de son potentiel. En effet, des restaurations régulières de la mangrove y sont entreprises chaque année.



Source : Google Earth, 2019

Figure 2 : Site de Soalala

La commune rurale de Soalala est un site presque enclavée et difficile d'accès pendant la période pluvieuse chaque année. De ce fait, la population locale doit savoir s'auto-suffire pour survivre avec les ressources naturelles locales disponibles. Aussi est-il relevé qu'en 2009, les mangroves y sont dégradées et clairsemées et n'occupent plus que 3422 ha sur les 135027 ha de la superficie totale de la commune, soit 2,53 % du territoire.

Les approvisionnements en bois de mangrove de la ville de Mahajanga sont assurés pour la plupart par la commune de Soalala. Elle présente de ce fait un intérêt économique important mais aussi un rôle écologique signifiant par sa potentialité en mangrove, considérée comme les « reins du paysage » (Barbier et *al.*, 1993).

Collecte de données

Données primaires

Une enquête a été conduite par des agents locaux sur les différentes activités génératrices de revenu autour de la mangrove dans les deux sites entre les mois de Mai et Juillet 2019. L'échantillonnage suit la méthode aléatoire en s'assurant que

10% des habitants de chaque fokontany des communes respectives soient représentés.

Données secondaires

Cette étude s'appuie en majeure partie sur les recherches déjà entreprises à la fois sur les sites d'études et sur les études similaires menées pour la plus grande partie en Asie. La collecte des données secondaires vient des sources suivantes :

- Rapports gouvernementaux : des recherches menées par les consultants des organisations internationales, des rapports d'études menées au sein du ministère chargé de l'environnement ;
- Sources publiées : basées sur les articles publiés dans les journaux scientifiques et les sites web ;
- Cadre méthodologique : tous les manuels sur l'évaluation économique des zones humides et la comptabilité environnementale.

METHODOLOGIE

Toute la recherche se base sur le cadre méthodologique du TEV ou *Total Economic Value*. Celui-ci se base sur la classification des éléments par leurs utilisations. D'abord les utilisations directes (*Direct Use Value*), regroupant les biens et services ayant un impact économique direct. Puis les utilisations indirectes (*Indirect Use Value*), regroupant tous les services écosystémiques dont la valeur et l'impact économique sont souvent négligés. Enfin, les valeurs d'existence et optionnelles indiquant la préférence individuelle (*Bequest and Optional Value*) sur la préservation de l'environnement.

Le présent article se focalise d'abord sur les utilisations directes.

L'évaluation des utilisations directes se fait par la méthode de « *market-based approach* ». Les éléments sont évalués au prix du marché. Leur valeur monétaire est donc exprimée comme suit :

$$\textbf{Valeur Totale} = \textbf{Prix marchand unitaire} * \textbf{Quantité}$$

Où, le Prix marchand est la valeur la plus récente du bien sur le marché, déduction faite des frais des récoltes ou de transports (Bann, 1998). Le rendement calculé est la moyenne annuelle par saison.

Analyse et traitement des données

En se basant sur la formule suivante pour évaluer les utilisations directes, la première étape est de recenser les activités générant des revenus :

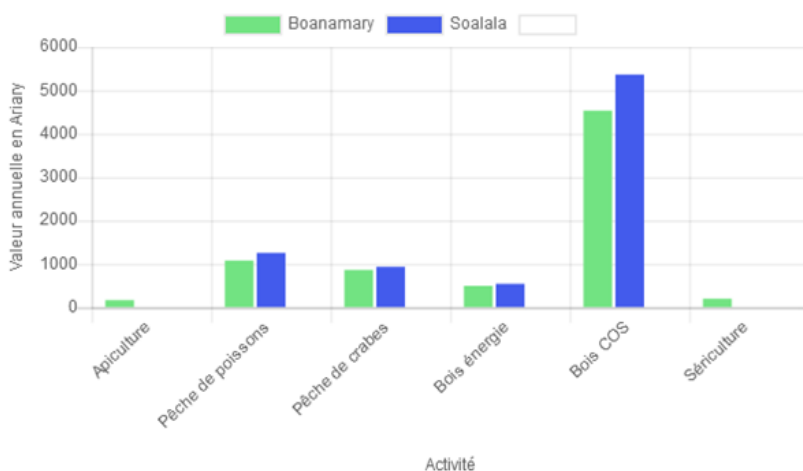
$$\sum_{i=1}^n A1 + A2 + \dots + An$$

Où, A est l'activité classée dans l'Utilisation Directe.

L'analyse statistique des résultats d'enquête est soumise au test *khi-deux* avec l'aide du logiciel SPSS 21.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les investigations sur l'identification des activités génératrices de revenus autour des mangroves montrent le graphe suivant :



Source : Auteur, 2019

Figure 3 : Utilisation directe de l'écosystème à mangrove

L'extraction de bois et son exploitation, sous toutes les formes prennent une place importante à la fois dans le site de Boanamary et de Soalala. L'approvisionnement à la fois de Soalala et de Mahajanga rend l'exploitation de bois dans ce site plus important qu'à Boanamary. L'arrêté interministériel n°32100/2014 portant réglementation sur l'interdiction d'exploiter les mangroves est formel mais n'empêche pas à cette filière de prendre une place importante dans l'économie locale.

Après analyse et synthétisation des données collectées, le prix d'achat moyen d'un bois de mangrove est estimé à 4439,88 Ar pour les deux sites d'études. Ce prix reflète toutes les utilisations directes issues des activités autour de mangrove en tenant compte du temps et de l'effort liés à l'exploitation. De ce fait, le niveau de dépendance de la population locale à l'exploitation de mangrove comme source de revenus est de 94, 25%. Et, bien que d'autres activités soient pratiquées, celles-ci restent secondaires et chaque producteur prend part à toutes les activités génératrices

de revenus autour de la mangrove selon leurs saisonnalités respectives. C'est-à-dire qu'un apiculteur peut également faire une récolte de vers à soies sauvages *Boroceramadagascariensis*.

CONCLUSION

La monétarisation et l'évaluation économique des biens et services environnementaux sont importants dans le développement durable. De ce fait, considérer le bénéfice de la population locale, et les consommations de la société, rend l'identification des pertes probables et la gestion des risques aisée. La prise de décision et l'élaboration des lois et réglementations doivent tenir en compte le fait que certaines pertes sont irréversibles.

Le manque d'information sur les valeurs réelles des biens et services environnementaux rend l'exploitation plus intense à cause de la considération que ces éléments ont une « zéro valeur ». Par conséquent, seule la volonté de payer ou *Willingness To Pay*, reste le moyen d'assigner un prix aux biens et services n'ayant pas de valeur exacte sur le marché.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) Achmad Rizal, AsepSahidin, HetiHerawati, (2018). *Economic value estimation of Mangroves ecosystems in Indonesia Biodiversity International Journal*, MedCrave, 10pages, Mini Review- Volume 2 Issue 1.
- 2) Andriamanantena Fenozo Heritiana, (2015). *Projet de thèse*, EDEN Mahajanga.
- 3) Camille Bann, (1998). *The Economic Valuation of Mangroves: A manual for researchers Economy and Environnement Program for Southeast Asia*. 64pages Archive.
- 4) Chandra Giri, Joseph Mulhausen, (2005). *Mangroves Forest Distributions and Dynamics in Madagascar*. MDPI 14 pages Full researchpaper.
- 5) Charline Gaudin, (2006). *Cadre juridique international et national pour la protection des Mangroves*. Etude juridique 94pages.
- 6) ClarahArison Julie Andriamalala, (2007). *Etude écologique pour la gestion des Mangroves à Madagascar*. 283pages, Thèse en PhD Université de Bale, Suisse.
- 7) Colloques, (2008). *Suivi et analyse de l'évolution de la Mangroves de Mahajamba (Nord-Ouest de Madagascar)*. Actes du colloque international pluridisciplinaire "Le littoral : subir, dire, agir" Lille, France.
- 8) Daniel Guiral, *Ecosystème à Mangroves*.
- 9) Dr David B. Stephenson, (2003). *Statistical concepts in environmental science*. Department of Meteorology, University of Reading. 49 pages.

- 10) Emily Witt, (2016). *Economical and financial assessment of Mangroves services in Northwestern of Madagascar*. 59pages, Masters project submitted in partial fulfillment of the requirements for the Master of Environmental Management degree in the Nicholas School of the Environment of Duke University Fall 08.
- 11) Edward Barbier, Mike Acreman et Duncan Knowler (1997). *Economic valuation of Wetlands, a guide for policy makers and planners*. RAMSAR Convention Bureau. 138 pages
- 12) FAO, (2005). *Evaluation des ressources forestières mondiales 2005- Etudes thématiques sur les Mangroves - Madagascar Profil National*. Département des forêts 14pages.
- 13) FAO, (2003). *Status and trends in Mangroves area extent worlwide*. By Wilkie, M.L. and Fortuna, S. Forest Resources Assessment Working Paper No. 63. Forest FAO, Rome.
- 14) François Rakotomavo, (2009). *Stratégies d'utilisation des ressources végétales chez les Vezo et les Masikoro du Delta Mangoky*. Bois et Forêts des Tropiques, 45pages, Articles, n°300 (2), Bureau d'études SAVAIVO Madagascar, Ecolab Laboratoire d'école France
- 15) GACHET, (1959). *Les palétuviers de Madagascar*. BM 153, 24pages.
- 16) Herisoa Razakanirina, (2012). *Eco-morphologie et vulnérabilité au changement climatique des Mangroves de la réserve biosphère de Sahamalaza*. 61pages.
- 17) IUCN. *Ecological and Socio-economic values of Mangroves ecosystems in tsunami affected areas: rapid ecological-economic-livelihood assessment of Ban Naca and Ban Bangman in Ranong Province, Thailand*. Ministerio de Medio Ambiente 34pages.
- 18) Jean Christophe Carret, Bienvenu Rajaoson, Paul Jean Feno, Jurg Brand. *L'environnement à Madagascar : un atout à préserver, des enjeux à maîtriser*. 128pages.
- 19) Julien Noel, Eddy Renoux, Dabe Rakotonavalona Hobialisoa, (2017). *Les mutations spatiales des Mangroves du Nord-Ouest de Madagascar*, HAL 13pages.
- 20) Louise Martel, (2011). *La comptabilité environnementale, un outil de prise de décision*, HAL, 23pages.
- 21) Macintosh and Ashton, (2002). *A review of Mangroves Biodiversity Conservation and Management*, Centre for Tropical Ecosystem Research, 86pages, Final report.
- 22) Marwa E. Salem, D. Evan Mercer, (2012). *The Economic Value of Mangroves: Meta-Analysis*, Sustainability, 24pages, Article.

- 23) MEF. *Quatrième rapport national de la convention sur la biodiversité biologique Madagascar*, 156pages, Rapport
- 24) Millenium Ecosystem Assessment, (2002). *Ecosystems and Human Well-being- Biodiversity Synthesis*, MA Board Review Editors, 100pages .
- 25) Ministère de l'Environnement Malagasy, (2005). *Charte de l'environnement malagasy*.
- 26) Mona Weber, HilconidaCalumpong, Beatrice Ferreira, Elise Granek, Sean Green, Renison Ruwa, Mario Soares, (2016). *Mangroves*, United Nations, 18pages.
- 27) Natural Ressources Canada. *Fundamentals of remote sensing*, 58pages.
- 28) Nicolas Pascal, (2013). *Economic valuation of Mangroves system services in Vanuatu, case studies of Crab bay and Eratap*, IUCN, MESCAL, pacific Mangroves Initiative, 147pages, Technical report
- 29) ONE, (2007). *Tableau de bord Environnement National*
- 30) ORSTOM, (1998). *La Mangroves à Madagascar*, Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération 9pages, Revues.
- 31) Patrick Ronnback, (1999). *The ecological basis for economic value of seafood production supported by Mangroves ecosystems*, Department of Systems Ecology, Stockholm University, 18pages.
- 32) PiyashiDebbroy, (2012). *Economic valuation of Mangroves for assessing the livelihood of fisherfolk, case of India*, Tanzania Proceeedings, 11pages.
- 33) Projet Agrocaburants, (2011). *Guide sectoriel pour la réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement*. UNDP, WWF, ONE, MEF 60pages.
- 34) Radhika Dave, (2006). *Mangroves Ecosystems of Southwest Madagascar*