

**RECHERCHES
POUR
LE DEVELOPPEMENT**

Série Sciences Biologiques

N°30-2021

Antananarivo - Madagascar

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

ISSN 1025 - 3467



**RECHERCHES
POUR
LE DEVELOPPEMENT
Série
Sciences Biologiques
N° 30 – 2e semestre
2021**

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

**L'Université d'Antananarivo
L'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo
Le Service de Coopération et d'Aide Culturelle
(Ambassade de France)
et du
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 : edition.cidst@gmail.com
Antananarivo - Madagascar
ISSN 1025-3467**

**RECHERCHES
POUR
LE DEVELOPPEMENT**

Série Sciences Biologiques

N°30

2021

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

Connaissance, valorisation des ressources hydrologiques, écosystèmes de la forêt de Vohilahy – Ankorabe

ANDRIAMASY Maharosoa Manda, RANDRIAMBANONA Herizo, BAOHANTA Rondro Harinisainana, RAMANAKIERANA Heriniaina 7

Le fourrage hydroponique pour l'alimentation des ruminants en zone urbaine

RASOANOMENJANAHARY Auldine, RAZAFINARIVO Tsirinirina Donnah ANDRIAMBEROMANGA Hanitriniala M., RAKOTONIRINA Hanitra, MAMINIAINA Olivier Fridolin 23

Enquête ethnobotanique sur la plante *Myrothamnus moschatus* dans le Sud de Madagascar

HANITRINIAINA Natafita Carène, RAZAFIMAHATRATRA Jean Hugues A. SOAVINA Silvère A., MANJOVELO Sambany Christian, FATIANY Pierre R., RASOLONDRA TOVO Benoit, RAZAFIMAHEFA Solofoniaina 31

Etude de l'activité analgésique centrale de *Tithonia diversifolia*

MANJOVELO Sambany Christian, RAZAFINDRATSIMANDRESY Holy, RAZAFIMAHATRATRA Jean H., HANITRINIAINA Natafita Mirah C. DHOIFFIRI Faiydati, RANDRIANAVONY Patricia 45

Etude écologique des Bryophytes dans la forêt de Maromizaha Région d'Alaotra-Mangoro

ANDRIAMANANTENA Ainazo H., ANDRIAMANANTENA Fenoza H. ANDRIAMANANTENA Zolalaina, RANARIJAONA Hery Lisy Tiana 55

Effet du compost de *Leptadenia madagascariensis* sur la culture de courgette à Efoetse

RAZAFINDRATSIMANDRESY Holy, HERISOA Antoine, 69 MANJOVELO Christian Sambany 69

Etude de l'évolution et les effets néfastes de *Spodoptera frugiperda* sur les cultures dans la Commune Rurale d'Andranohinaly

HERISOA Antoine, RAZAFINDRATSIMANDRESY Holy, MANJOVELO Christian Sambany 79

Etude des activités antidiabétique et antioxydante de *Myrothamnus moschatus*

RAZAFIMAHATRATRA Jean H., HANITRINIAINA Natafita Carène, SOAVINA Silvère A., MANJOVELO Christian Sambany, FATIANY Pierre R. RASOLONDRA TOVO Benoit, RAZAFIMAHEFA Solofoniaina 91

Evaluation de l'activité antipaludique de l'écorce de tige d'*Albizia arenicola* contre *Plasmodium yoelii*

RASOANAIVO Honintsoa R., RAVAOARISOA Elisabeth,
ANDRIANARANJAKA Voahangy H., RAZAFIARIMANGA Zara,
RANDRIAMAMPIANINA Lovarintsoa J., JEANNODA Victor L.,
RANDRIANARIVO Ranjàna H., RAKOTO Danielle A. D.

107

Activités antiplasmodiale et laxative des extraits de graines d'*Albizia bernieri* (Fabaceae)

RAKOTONANDRASANA Maminiaina F., RAZAFIARIMANGA Zara
RANDRIAMAMPIANINA Lovarintsoa J., RAMAROSON Roseline,
RAVAOARISOA Elisabeth, RANDRIANARIVO Hanitra Ranjàna,
RATSIMBASON Michel

119

CONNAISSANCE, VALORISATION DES RESSOURCES HYDROLOGIQUES, ECOSYSTEMES DE LA FORÊT DE VOHILAHY – ANKORABE

par

ANDRIAMASY Maharosoa Manda⁽¹⁾⁽²⁾, RANDRIAMBANONA Herizo⁽²⁾,
BAOHANTA Rondro Harinisainana⁽¹⁾, RAMANAKIERANA Heriniaina⁽¹⁾

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

(2) Centre National de recherches sur l'Environnement, Antananarivo, Madagascar.

RESUME

Regrouper les cours d'eau en unités spatiales cohérentes est une nouvelle approche permettant de mieux comprendre comment les écosystèmes aquatiques répondent aux perturbations. Les écorégions constituent un outil qui permet de mettre un « bon état écologique » des milieux aquatiques. L'objectif de cette étude est de décrire les facteurs qui influent la qualité et la quantité des ressources hydriques aux environs du lambeau forestier de Vohilahy afin d'harmoniser la gestion de ces ressources avec le fonctionnement des écosystèmes environnant et les différentes utilisations par la population. La typologie des ressources en eau disponibles aux environs de la forêt de Vohilahy sur des bases géographiques et biologiques est définie par des conditions de référence biologique et de qualité physicochimique des écosystèmes en amont ainsi que de la flore ripicole. Les caractéristiques communes suivant la délimitation géographique des écosystèmes d'eau courante sont présentées par l'approche par hydro-écorégions. Des mesures de débit par méthode de jaugeage ont été réalisées pour les deux principaux réseaux hydrographiques de la zone. Les apports de la rivière Iharahara et de la rivière Ampasina représentent respectivement 38% et 62% de ceux donnés par le bassin versant dominant la forêt de vohilahy. Parmi les flores recensées, la famille des *Moraceae*, des *Rubiaceae* et des *Fabaceae* sont les plus représentées. Différentes formes biologiques sont présentées le long de la rivière dont la forêt représente 40% et les herbes à 30%. La flore ripicole est assez conservée par rapport aux autres écosystèmes du site (forêt, recrûs post agricoles).

Mots-clés : Ressources hydrologiques, Ecosystème, Diversité floristique, Flore ripicole, Biologique, Microbiologique.

ABSTRACT

Grouping rivers into coherent spatial units is a new approach to better understand how aquatic ecosystems respond to disturbances. Ecoregions are a tool for achieving "good ecological status" in aquatic environments. The objective of the study is to describe the factors having major influences on the quality and quantity of water resources around the Vohilahy forest strip in order to harmonize the management of these resources with the functioning of the surrounding ecosystems and the different uses by the population. The typology of the water resources available in the vicinity of the Vohilahy forest on geographic and biological bases is defined by biological reference conditions and physicochemical quality of upstream ecosystems as well as riparian flora. The common characteristics according to the geographical delimitation of running water ecosystems are presented by the hydro-eco-regions approach. Flow measurements by gauging method were carried out for the two main hydrographic networks of the area. The five-year contributions from the Iharahara River and the Ampasina River represent 38% and 62% respectively of those given by the watershed dominating the Vohilahy forest. Among the flora listed, the family of *Moraceae*, *Rubiaceae* and *Fabaceae* are the most represented. Different biological forms are presented along the river whose forest represents 40% and grasses 30%. The riparian flora is fairly conserved compared to the other ecosystems on the site.

Key-words : Hydrological resources, Ecosystem, Flora diversity, Riparian flora, Biological, Microbiological.

INTRODUCTION

Le problème des ressources hydrologiques est planétaire ; un risque majeur de pénurie d'eau douce menace l'humanité. Evaluer la quantité et la qualité de l'eau disponible est indispensable à la mise en valeur et à la gestion des ressources en eau, qu'il s'agisse d'eau potable pour les populations, de production agricole, industrielle ou d'énergie (Mar del Plata, Argentine, 1977).

La capacité de chaque pays d'effectuer eux-mêmes l'évaluation de leurs ressources en eau est en contradiction avec la reconnaissance de l'importance des ressources en eau pour le développement durable (ICWE ; Dublin, 1992 ; Rio, 1992). Il semble donc inconcevable qu'à une époque où l'ensemble de la communauté internationale s'intéresse de plus en plus aux questions d'environnement, des nations perdent rapidement leur capacité à évaluer leurs ressources hydrologiques, qui sont pourtant le principe vital de nos écosystèmes.

Le domaine public hydraulique est une richesse partagée, sa préservation est notre mission à tous. Loin d'être un lieu de rejet ou de décharge qui évacue tout en mer. Nos rivières sont un milieu plein de vie, les retenues de barrages sont nos réserves et les nappes notre patrimoine futur.

Les écosystèmes sont constitués de groupes d'espèces qui interagissent entre elles, dites « communautés biotiques », et avec leur environnement physique, dit 'abiotique'. Les propriétés des écosystèmes qui en découlent comprennent : la taille des principaux compartiments de l'écosystème (quantité de ressources inorganiques, de détritiques et de biomasse ; et à une échelle plus fine : abondances relatives des espèces), la vitesse des processus (production de biomasse par unité de temps, productivité, c'est-à-dire production de biomasse par unité de biomasse et de temps, vitesse de minéralisation, etc.) et leur stabilité (Ousmane, N., Aly, D., Bassimbé, S., M. & Aliou, G., 2013).

Les changements globaux peuvent affecter les communautés biotiques directement ou indirectement. Les impacts directs peuvent consister par exemple en une surexploitation des populations d'espèces d'intérêt commercial, par exemple de la surpêche (Jackson et *al.* 2001, Mullon et *al.*, 2005), ou en un déclenchement d'invasions biologiques (Lowry et *al.*, 2012). Les changements dans le fonctionnement des écosystèmes se répercutent sur les biens et services qu'ils rendent à l'homme (Naeem et *al.*, 2009, Cardinale et *al.*, 2012). Cette terminologie de biens et de services écosystémiques a été créée pour attribuer une valeur aux écosystèmes, afin de construire un argumentaire économique à la nécessité de protéger les écosystèmes et la biodiversité (Balvanera et *al.* 2006). Les biens et services sont donc un équivalent anthropocentré des propriétés des écosystèmes (Hooper et *al.*, 2005, Naem et *al.*, 2009).

Regrouper les cours d'eau en unités spatiales cohérentes est une nouvelle approche permettant de mieux comprendre comment les écosystèmes aquatiques répondent aux perturbations. Les Hydro-écorégions constituent un outil qui vise au "bon état écologique" des milieux aquatiques.

Les connaissances sur la structure et le fonctionnement des écosystèmes en amont et aux environs permettraient de concevoir la gestion des ressources hydriques au profit du bien être humain et du développement durable.

L'objectif de cette étude est de décrire les facteurs ayant des influences majeures sur la qualité et la quantité des ressources hydriques des deux principales rivières Iharahara et Ampasina aux environs du lambeau forestier de Vohilahy afin d'harmoniser la gestion de ces ressources avec le fonctionnement des écosystèmes environnant et les différentes utilisations par la population.

MATERIELS ET METHODES

Inventaire floristique

L'échantillonnage systématique qui consiste à quadriller la zone d'études puis à sélectionner les sites sur la base d'un pas établi a été utilisé. Des placeaux d'inventaires de 10 m x 5 m soit 50 m², ont été placés le long des deux rivières d'Iharahara et Ampasina et ont été localisés géographiquement à l'aide d'un GPS (Photo 1). Ils ont été placés de part et d'autre des deux rives et distants d'au moins de 100 mètres.

Les relevés floristiques ont été effectués dans les placeaux matérialisés par des piquets et des rubans fluorescents. Le but de cette méthode est d'inventorier les espèces végétales dans une zone homogène du point de vue composition floristique et structurale.



Photo n°1 : Principaux réseaux hydrographiques aux environs de la forêt de Vohilahy

Ainsi, les quatre catégories de plantes suivantes ont été recensées :

- arbres : outre le nombre, les paramètres suivants ont été considérés (diamètre à la hauteur de poitrine (DHP), la hauteur fut (H fut) et la hauteur totale (H max) ;
- arbustes ;
- lianes ;
- herbacées.

Pour les espèces non déterminées sur le terrain, des échantillons d'herbiers ont été collectés et comparés aux herbiers de référence du Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza (PBZT), Antananarivo.

La couverture végétale est une des facteurs considérables pour la variation temporelle de l'hydrologie.

Evaluation hydrologique

L'évaluation hydrologique de la rivière Iharahara et de la rivière Ampasina au droit du village Ankorabe a été faite par trois étapes : (i) recherche bibliographique et recherche des données hydroclimatiques, (ii) diagnostic, collectes des données et informations sur le terrain, (iii) traitement, compilation des données et interprétation des résultats.

Estimation des apports des rivières Iharahara et Ampasina

Deux méthodes peuvent être utilisées pour l'estimation des apports disponibles d'une rivière :

- la méthode de CTGREF (Ministère de la coopération française, 1979) ;
- la méthode de station de référence (Chaperon et al. 1993).

La méthode CTGREF se fait selon la formule :

$$Q = \frac{S}{31.5} \left(\frac{P}{B} \right)^{5/3} \left(\frac{Zm}{100} \right)^{1/3} \quad [n^{\circ}i]$$

dans laquelle :

Q : module moyen annuel [l/s] ;

S : superficie du bassin versant [km²] ;

P : pluviométrie moyenne annuelle [mm] ;

Zm : altitude moyenne du bassin versant [m] ;

B : paramètre régionale (47 pour la zone).

La méthode de la station de référence est donnée par la formule suivante :

$$Q = S \times q \quad [n^{\circ}ii]$$

dans laquelle :

S : Superficie du bassin versant [km²] ;

q : débit spécifiques (Fleuve et rivière de Madagascar, bassin de Rianala à Brickaville, Page 255) (Chaperon et al., 1993)

Estimation des débits de crue des rivières Iharahara et Ampasina

L'estimation des débits de crue de la rivière Iharahara et de la rivière Ampasina au droit du village Ankorabe se fait par deux méthodes :

- la méthode de Louis Duret (L. DURET – 1976) ;
- la méthode ORSTOM (Chaperon *et al.*, 1993).

La méthode de Louis DURET est établie à partir des études effectuées sur plusieurs bassins versants et rivière de Madagascar. Cette méthode est basée sur la formule suivante :

$$Q_F = K \times S^\alpha \times I^{0,32} \times P_F \times \left[1 - \frac{36}{P_F} \right]^2 \quad [\text{n}^\circ\text{iii}]$$

avec

Q_F : débit maximum d'une crue de temps de fréquence F [m^3/s] ;

S : superficie du bassin versant [Km^2] ;

I : pente moyenne du bassin versant [m/Km] ;

P_F : pluie maximale journalière de fréquence F [mm] ;

K, α : facteurs variables suivant S et P_F .

Cette méthode a été simplifiée par le bureau d'étude SOMEAH lors des études des PPI des hautes terres centrales (SOMEAH - SOFRECO - SOGREAH, 1990).

Pour le cas du bassin versant de la rivière Iharahara et de la rivière Ampasina au droit du village Ankorabe, dont les superficies sont inférieures à 150 Km^2 , l'expression suivante a été utilisée :

$$Q_F = 0,009 \times S^{0,5} \times I^{0,32} \times P_F^{1,39} \quad [\text{n}^\circ\text{iv}]$$

avec :

Q_F : débit de crue de fréquence F [m^3/s] ;

I : pente du bassin versant [m/km] ;

P_F : pluviométrie maximale de 24 heures en un point quelconque du bassin versant pour la même fréquence F [mm] ;

S : superficie du bassin versant [km^2].

La méthode ORSTOM qui fait intervenir la plupart des paramètres influençant les crues. La formule utilisée est la suivante :

$$Q_F = 4,34 \times A^{0,72} \times H^{0,03} \times I^{0,26} \times E^{2,31} \times G^{1,25} \times V^{-0,27} \quad [n^{\circ}v]$$

avec :

Q_F : débit de crue de fréquence F [m^3/s] ;

A : superficie du bassin versant [Km^2] ;

I : indice de pente globale [m/Km] ;

H = PFh : indice de précipitation [mm] ;

E : indice d'exondement, compris entre 0,3 et 1 ;

G : coefficient d'imperméabilité, compris entre 0,2 et 1 ;

V : indice de la couverture végétale, compris entre 0,3 et 0,9.

Analyse microbiologique et physicochimique de l'eau de la rivière Iharahara

Deux méthodes ont été adoptées pour les analyses microbiologiques et physicochimiques :

- la méthode South Africa Scoring System 5 (SASS 5) et le miniSASS ;
- le guide de surveillance biologique.

Les taux d'ammonium, de calcium, de phosphore total, des matières organiques et de l'azote total pour l'évaluation du taux des nutriments sont analysés au sein de laboratoire du CNRE.

South Africa Scoring System 5 (SASS 5) et le miniSASS

SASS 5 est une méthode, dérivée de Chandler's Biotic Index (CBI) basée sur l'échantillonnage des macro-invertébrés de la rivière. La méthode SASS convient à l'évaluation de la qualité de l'eau et de la santé de la rivière.

(Suite Roux, 1997), la biosurveillance peut être utilisée pour : évaluer l'état écologique des écosystèmes aquatiques, les tendances spatiales et temporelles de l'état écologique ; les problèmes émergents, fixer des objectifs pour les rivières ; évaluer l'impact des développements ; prédire les changements dans les écosystèmes dus aux développements ; contribuer à la détermination de la réserve écologique (National Water Act, 1998).

Lors de l'évaluation biologique de la rivière Iharahara, les biotopes suivants ont été considérés :

- Biotopes des pierres ;
- Biotopes de la végétation ;
- Biotopes de gravier, de sable et de boue (GSM).

Guide de surveillance biologique

Cette méthode est basée sur les macro-invertébrés benthiques d'eau douce pour les cours d'eau peu profonde à substrat grossiers. Elle s'adresse tant aux novices qu'à des personnes plus expérimentées. Elle présente différentes notions inhérentes à ce domaine, notamment des procédures d'échantillonnage, d'évaluation de l'habitat et de traitement des échantillons en laboratoire.

Analyses microbiologiques de la rivière Iharahara en fonction du degré de perturbation

Particulièrement, trois types de stations : une station de référence Iharahara référence (IR), et trois stations dégradées : Iharahara dégradés (ID1, ID2, ID3) ont été étudiées et les bactéries analysées sont streptocoques fécaux (SF), coliformes totaux (CT) et fécaux (CF), Staphylocoques (S), flores revivifiables à 22°C (FR à 22°C, FR à 37°C). Une Analyse Factorielle de Correspondance (AFC) qui permet de mettre en évidence les relations entre les stations étudiées et les paramètres microbiologiques (bactéries) a été réalisée à l'aide du logiciel Xlstat-Pro 2018.

RESULTATS

Flore ripicole

Composition floristique

La flore recensée compte :

- pour la rivière Iharahara, 99 espèces réparties en 82 genres et 54 familles. La famille des *Moraceae* (avec 8 espèces) *Rubiaceae* (8 espèces) et *Poaceae*, *Fabaceae*, *Asteraceae* (4 espèces) sont les familles les plus représentées.

- pour la rivière Ampasina, 52 espèces réparties en 48 genres et 33 Familles. La famille des *Asteraceae* (avec 6 espèces), *Fabaceae* et *Poaceae* (4 espèces chacune) sont les familles les plus représentées.

Les graphes suivants montrent la composition floristique et le nombre des espèces recensés en fonction des familles de la zone :

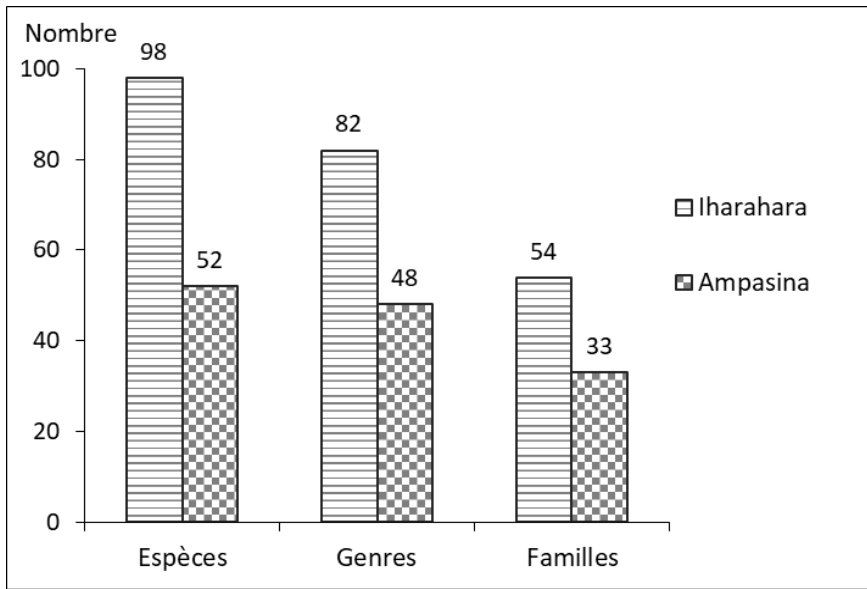
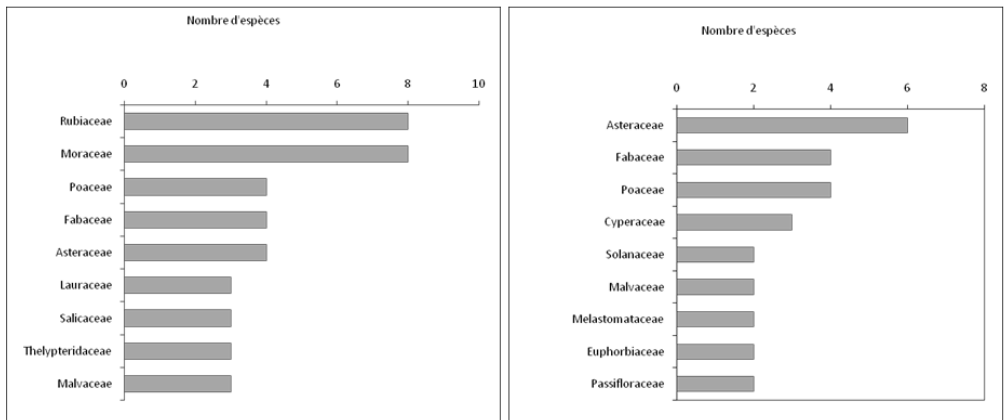


Figure 1 : Composition floristique des deux rivières (Iharahara et Ampasina)



Familles les mieux représentées (Iharahara)

Familles les mieux représentées (Ampasina)

Figure 2 : Nombre d'espèces en fonction des familles

Formes biologiques

Différentes formes biologiques de plantes sont présentes le long des deux rivières (Figure 3) :

- pour la rivière Iharahara : 43,4% sont des arbres, 26,3% des arbustes et 24,3% des herbacées. D'une manière générale, la flore ripicole est bien conservée par rapport aux autres écosystèmes forestiers du site.

- pour la rivière Ampasina : 58,8% sont des herbacées, 19,2% des arbustes et 17,3% sont des herbacées.

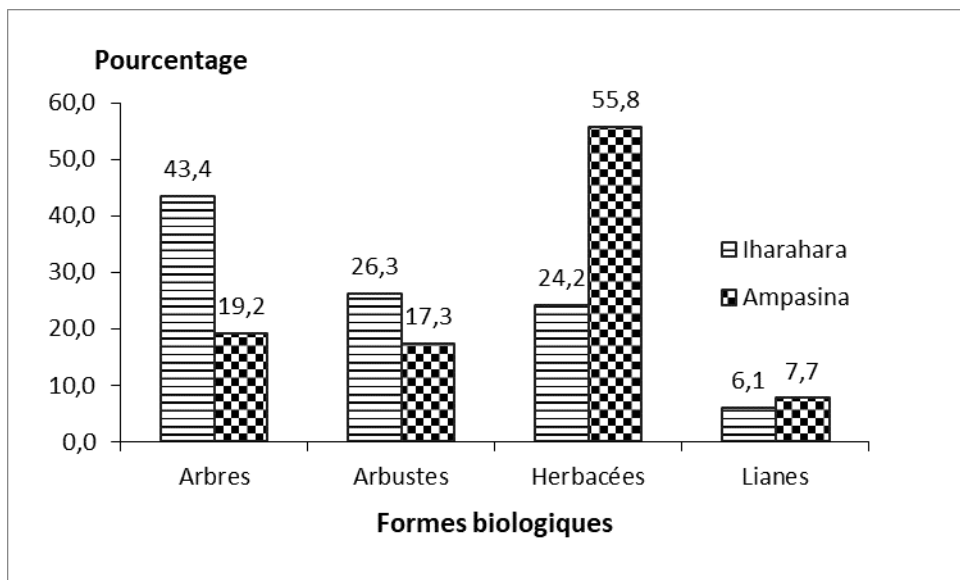


Figure 3 : Formes biologiques des deux rivières

Ces résultats montrent que la flore ripicole le long de la rivière d'Iharahara est composée majoritairement d'arbres et d'arbustes contrairement à celle d'Ampasina qui est constituée d'herbes témoignant une perturbation assez intense.

Résultat de l'évaluation hydrologique

Caractéristique des bassins versants

Les caractéristiques du bassin versant de la rivière Iharahara et Ampasina au droit du village d'Ankorabe sont présentées dans le tableau suivant (Tableau n°1).

Tableau 1 : Caractéristiques du bassin versant de la rivière Iharahara et Ampasina

Rivière	Superficie [km ²]	L [km]	Z _{max} [m]	Z _{min} [m]	Z _{moy} [m]	Pente [m/km]	Forme
Iharahara	14,58	9,49	551	385	468	16,62	Allongée
Ampasina	24,02	8,58	562	317	440	27,13	Allongée

Apport disponible de la rivière Iharahara et de la rivière Ampasina

La variation des apports des deux rivières (Iharahara et Ampasina) au droit du village Ankorabe est donnée par les figures suivantes (Figure n°4 et Figure n°5).

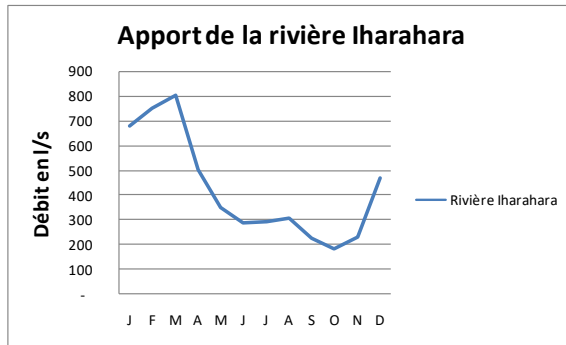


Figure 4 : Variation mensuelle des apports quinquennaux de la rivière Iharahara

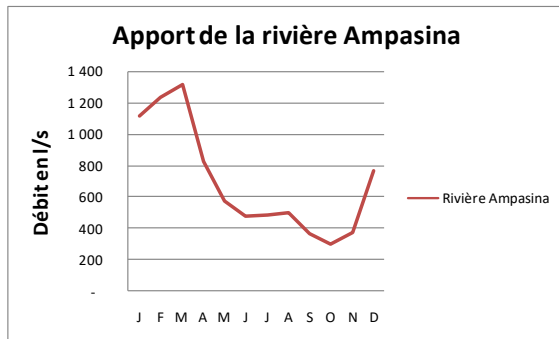


Figure 5 : Variation mensuelle des apports quinquennaux de la rivière Ampasina

Les apports sont obtenus par la synthèse des résultats des méthodes CTGREF et de la station de référence, la variation annuelle des apports des deux rivières a une même tendance mais de valeur différente de la raison de la différence de la superficie du bassin versant.

Débit de crue de la rivière Iharahara et de la rivière Ampasina

La variation des débits de crue de la rivière Iharahara et de la rivière Ampasina, au droit du village Ankorabe, est donnée par les figures suivantes (Figure 6 et Figure 7).

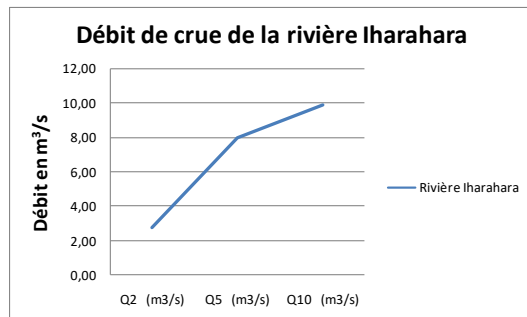


Figure 6 : Débit de crue de la rivière Iharahara en fonction de la fréquence de retour

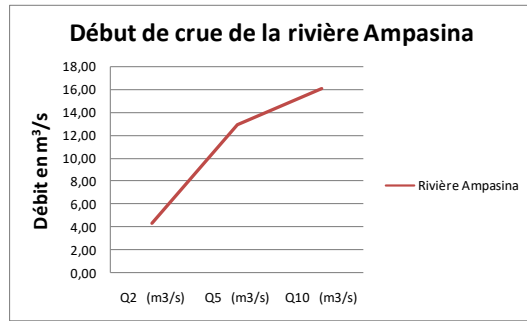


Figure 7 : Débit de crue de la rivière Iharahara en fonction de la fréquence de retour

Les débits de crue sont obtenus par les méthodes de Louis duret (L. DURET – 1976) et de ORSTOM (Chaperon et *al.*, 1993).

Les résultats dévoilent la richesse couverture végétale le long de la rivière Iharahara par rapport à celle de la rivière Ampasina.

Qualités microbiologique et physicochimique des eaux de la rivière Iharahara

Qualité chimique et en nutriments de la rivière Iharahara analysée ex situ

Le taux d’ammonium dans toutes les stations est très faible, voire même en dessous de la limite de détection qui est à 0,014 [mg/l]. Les matières organiques sont également à quantité faible ce qui explique la stabilité du pH et la richesse en oxygène dissout de la rivière Iharahara. Figure 8.

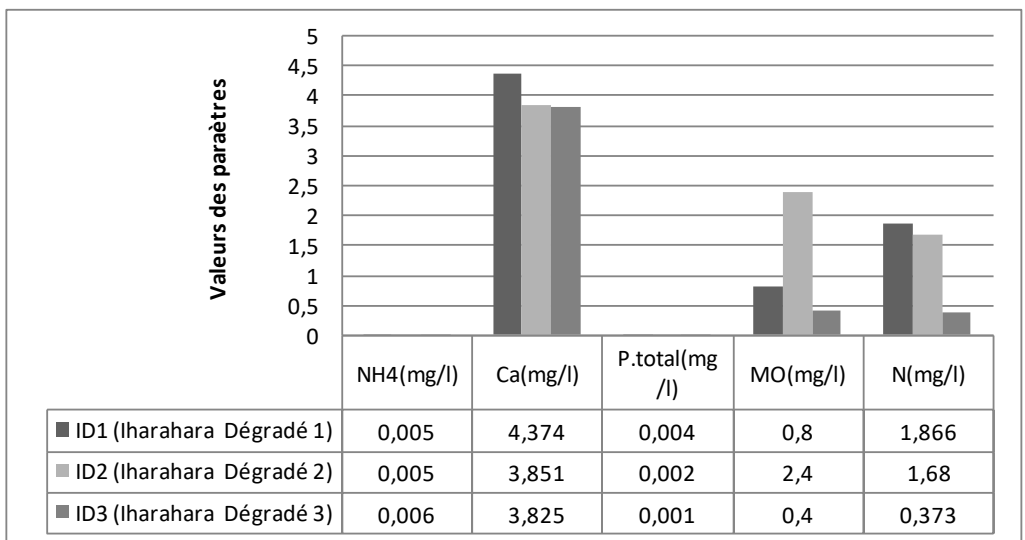


Figure 8 : Qualité chimique et en nutriments des eaux de la rivière Iharahara

En outre, les taux de phosphore total sont également en dessous de la limite de détection 0,014 [mg/l], ce qui explique la limpidité de l'eau en relation avec la prolifération des algues et encore la stabilité du pH. Il est à noter que toutes les stations analysées ont une quantité normale en Calcium. Enfin, la quantité de l'Azote total est faible dans toutes les stations.

Qualité microbiologique de la rivière Iharahara

Les microorganismes sont des bioindicateurs de l'intégrité biologique d'un écosystème. L'analyse faite sert à connaître les bactéries pathogènes de la rivière en relation avec ses usages et son intégrité. Selon l'AFC, l'axe factoriel F1 et F1 absorbent 100% des variables étudiés avec respectivement un pourcentage de 100% et 0% sur cet axe, les stations IR, ID2, ID3 sont caractérisées par les variables SF, FR à 37°C, FR à 22°C et sont projetées en abscisse négative.

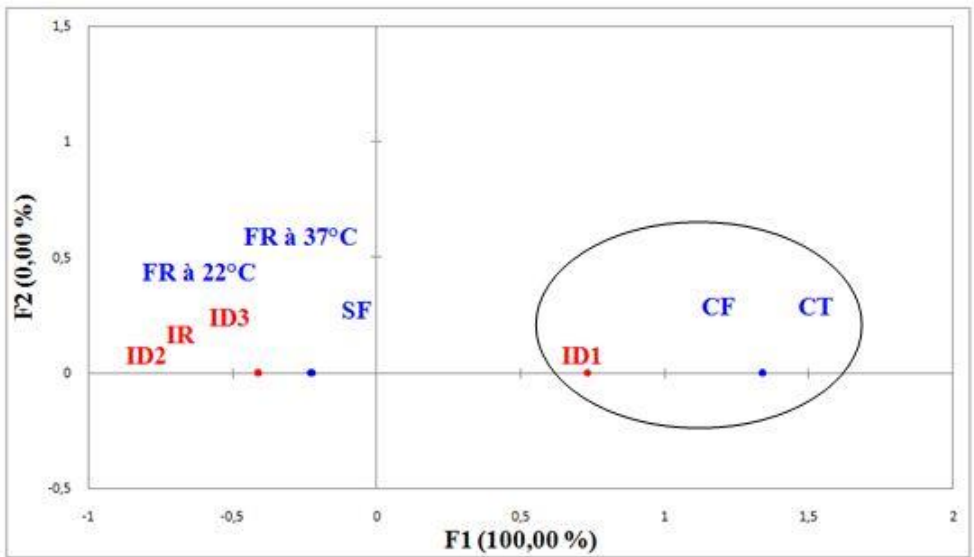


Figure 9 : Carte factorielle symétrique des observations et des variables [Flores revivifiables à 22°C (FR à 22°C) et à 37°C (FR à 37°C), streptocoques fécaux (SF) Coliformes totaux (CT) et fécaux (CF), Staphylocoques (S)]

La station ID1 en abscisse positive de l'axe F1 est caractérisée par les bactéries CT, CF qui témoignent la contamination due à l'existence d'un village sur les berges droites. Autrement dit, les stations IR, ID2, ID3 sont en amont de la rivière par rapport à ID1 qui est le plus en aval des stations. Ensuite, la distinction se fait aussi à la distribution des bactéries le long des stations. Les bactéries présentes dans toutes les stations sont les FR à 22°C et à 37°C et SF.

DISCUSSION

Flore ripicole

La flore le long de la rivière Iharahara est plus riche que celle de la rivière Ampasina. Les activités humaines provoquent des changements globaux à l'échelle de la planète, qui ont de multiples répercussions sur les écosystèmes naturels à l'échelle locale (Vitousek et *al.*, 1997, Tylianakis 2008).

Dans le lambeau forestier de Vohilahy, la flore ripicole inventoriée est riche de 99 espèces avec une forte dominance de la famille des *Moraceae* (8 espèces), *Rubiaceae* (8 espèces) et des *Poaceae*, *Fabaceae*, *Asteraceae* (4 espèces) le long de la rivière Iharahara et 52 espèces avec une forte dominance de la famille des *Asteraceae* (6 espèces), *Fabaceae* et *Poaceae* (4 espèces chacune) le long de la rivière Ampasina. Cette richesse floristique est variable selon les sites, elle est plus élevée à Iharahara et plus faible à Ampasina. Cette différence de richesse floristique pourrait s'expliquer en plus des conditions climatiques, par la pratique de l'agriculture. En effet, le climat joue un rôle essentiel dans la composition et la structure floristique (Sarr, 2008). Selon Wezel (2004) plus que le facteur climatique, c'est la pression anthropique qui parachève la disparition des espèces donc de la biodiversité après que les changements climatiques auront entraîné la perte de densité des espèces ligneuses (Poupon, 1976 ; Gonzalez, 2001).

Evaluation hydrologique

La variation des apports de 180 [l/s] à 800 [l/s] et de 300 [l/s] à 1320 [l/s], respectivement des rivières Iharahara et Ampasina ne présente que peu de différence à ceux donnés par les résultats dans les Fleuves et rivières de Madagascar (Chaperon et *al.*, 1993) pour la station de référence de Rianala à Brickaville qui est respectivement de 680 [l/s] et 1120 [l/s] pour les deux bassins versants.

La bonne qualité chimique, nutritionnelle et microbiologique de la rivière Iharahara est due à l'aptitude écologique et du fonctionnement de la communauté biologique en tenant compte les facteurs naturels physiographiques, géographiques et climatiques et également des conditions physiques et chimiques, y inclus celles qui résultent des activités humaines qui est confirmé par Piavaux en 1992 que l'esthétique de la région devra également être prise en considération.

CONCLUSION

L'eau participe largement à la production de biens et services, et est la source de développement d'un pays, et de ce fait, elle focalise attentes, espoirs, peurs, stress et appréhensions de chacun, en même temps qu'elle suscite des intérêts, des stratégies, des politiques, en un mot, une vision. Elle est donc à la fois un enjeu majeur, un défi futur à relever et un espoir de mieux-être et de progrès.

Pour un, il est indispensable qu'il y ait des approches stratégiques de la gestion durable des ressources en eau, et cela ne peut se faire que par une démarche intégrée, intersectorielle, multi et pluridisciplinaire. Le développement durable doit tenir compte des aspects socio-économiques, des préoccupations environnementales, des possibilités de financement, des capacités humaines et des ressources ; pour cela, une véritable politique, vision, devrait être faite à l'échelle d'un pays, d'une région, et au niveau international.

Les apports de la rivière Iharahara et de la rivière Ampasina représentent respectivement 38% et 62% de ceux donnés par le bassin versant dominant la forêt de vohilahy. Parmi les flores recensées la famille des *Moraceae*, des *Rubiaceae* et des *Fabaceae* sont les plus représentées. Toutes les formes biologiques sont présentées le long de la rivière : arbres, arbustes, herbes, lianes. La flore ripicole est assez conservée par rapport aux autres écosystèmes du site. La rivière Iharahara a encore une bonne qualité chimique, nutritionnelle et microbiologique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) Cardinale, B., Duffy, J., Gonzalez, A. et al. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 486 : 59–67. <https://doi.org/10.1038/nature11148>
- 2) Chaperon P., Danloux J. et Ferry L. (1993). Fleuve et rivière de Madagascar. Paris : IRD, 874p.
- 3) International Conference on Water and the Environment (1992). La déclaration de Dublin sur l'eau et le développement durable. Dublin: (ICWE). Development Issues for the 21st century. <https://www.gdrc.org/uem/water/dublin-statement.html>
- 4) Tylianakis, Jason M., Raphael K. Didham, Jordi Bascompte, David A. Wardle (2008). Global change and species interactions in terrestrial ecosystems, Preserving and Sustaining Ecosystems in the Face of Anthropogenic Change, *Lettres d'écologie* 11(12): 1351-1363.
- 5) Louis Duret, Ministère de la coopération française, 1976 - Estimation des débits de crues à Madagascar : bassins de 10 km² à 50 000 km².

- 6) Lowry H., Lill A., Wong B.B.M., décembre 2012 - Behavioural responses of wildlife to urban environments. School of Biological Sciences, Monash University, Victoria 3800, Australia.
- 7) Mar del Plata, Argentine, 1977 - Conférence des Nations Unies sur l'eau (A.F.P., Reuter).
- 8) Ministère de la coopération française, 1979 - Centre Technique du Génie Rural, des Eaux et Forêt (CTGREF).
- 9) Mullon, Christian Pierre Fréon et Philippe Cury, (2005). The dynamics of collapse in world fisheries. *Fish and Fisheries* 6(2) : 111-120
- 10) Patricia Balvanera, Andrea B. Pfisterer, Nina Buchmann, Jing Shen He, Tohru Nakashizuka, David Raffaelli et *al.*, (2006). Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecology Letters* 9(10): 1146–1156.
- 11) Peter M., Vitousek, Harold A. Mooney, Jane Lubchenco, Jerry M. Melillo (1997). Human Domination of Earth's Ecosystems, *Science* 277(5323) : 494-499
- 12) Piavaux, 1992 - *La protection de la qualité écologique des eaux. Tribune de l'eau.*
- 13) Rio de Janeiro, du 3 au 14 juin 1992 - Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement.
- 14) Sarr, M.A., 2008, Variabilité pluviométrique en Afrique de l'ouest : Dynamique des espaces végétaux à partir d'images satellites. Exemple du Bassin versant du Ferlo (Sénégal). *Journée climatologique – Nantes*, 13-14 mars 2008, pp. 57-76.
- 15) SOMEAH- SOGREA (1990). *Etude de réhabilitation des PPI dans la zone d'Ambositra et Antsirabe.*
- 16) Wezel, A., (2004), Local knowledge of vegetation changes in Sahelian Africa - implications for local resource management. In *The Sahel Current politics in West Africa- The use of local knowledge in applied research-Participation in project planning and capacity building, Serein occasional paper 17*, Lykke A.M., Due M.K., Kristensen M. and, Nielsen I. (eds.), p. 37-51.

Le fourrage hydroponique pour l'alimentation des ruminants en zone urbaine

LE FOURRAGE HYDROPONIQUE POUR L'ALIMENTATION DES RUMINANTS EN ZONE URBAINE

par

RASOANOMENJANAHARY Auldine⁽¹⁾, RAZAFINARIVO Tsirinirina D.⁽²⁾,
ANDRIAMBEROMANGA Hanitriniala M.^(1,2), RAKOTONIRINA Hanitra⁽¹⁾,
MAMINIAINA Olivier Fridolin^(1,2)

(1) Département Recherche et Contrôle Qualité, Institut Malgache des Vaccins Vétérinaires, Antananarivo, Madagascar.

(2) Département de Recherche Zootechniques, Vétérinaires et Piscicoles, FOFIFA, Antananarivo, Madagascar.

RESUME

L'urbanisation et la croissance démographique ont affecté le secteur élevage. En effet, la surface des terres pâturables diminue alors que les besoins en alimentation ne cessent d'augmenter, surtout dans les zones urbaines. Pour fournir un fourrage vert de qualité pour alimenter les petits ruminants de laboratoire, l'Institut Malgache des Vaccins Vétérinaires (IMVAVET) en collaboration avec le DRZVP/FOFIFA a opté pour la culture hydroponique.

Dans cette étude, des essais de culture hydroponique de graines de maïs ont été réalisées dans une serre artisanale. Ce système de culture, basé sur la germination, mobilise les réserves d'amidon et de protéines dans les graines, en les transformant en sucres et acides aminés. Ainsi, de nouveaux tissus végétaux, nutritionnellement riches et assimilables par les ruminants, forment un tapis de fourrage. Les valeurs nutritionnelles du fourrage ont été estimées par Spectrométrie dans le proche infrarouge (SPIR).

Après 10 jours de culture, un fourrage vert hydroponique, uniforme et propre, d'environ 30 cm, a été obtenu, avec un rendement en biomasse d'environ 400%. Les analyses par SPIR ont montré que les jeunes pousses sont riches en protéine et pauvres en cellulose brute.

En conclusion, la culture de fourrage hydroponique pourra contribuer à la résolution de problème de manque de surfaces pâturables en zone urbaine et à l'amélioration de l'alimentation des ruminants indépendamment de l'aléa du climat.

Mots clés : Alimentation, Biomasse, Fourrage, Maïs, Sol, Spir

ABSTRACT

Urbanization and population growth have affected the livestock sector. In fact, the surface area of grazing land is decreasing while food needs are constantly increasing, especially in urban areas. To provide quality green fodder to feed small laboratory ruminants, the Malagasy Institute for Veterinary Vaccines (IMVAVET) in collaboration with DRZVP/FOFIFA has opted for hydroponics.

In this study, trials of hydroponics of corn seeds were carried out in a homemade greenhouse. This growing system, based on germination, mobilizes the starch and protein reserves in the seeds, transforming them into sugars and amino acids. Thus, new plant tissues, nutritionally rich and assimilable by ruminants, form a fodder mat. The nutritional values of the forage were estimated by near infrared spectrometry (NIR).

After 10 days of cultivation, a uniform and clean hydroponic green forage of about 30 cm was obtained, with a biomass yield of about 400%. The analyzes by SPIR showed that the young shoots are rich in protein and poor in crude fiber.

In conclusion, hydroponic fodder cultivation can contribute to solving the problem of the lack of grazing land in urban areas and improving ruminant feeding regardless of the vagaries of the climate.

Key words : Food, Biomass, Forage, Maize, Soil, NIR

INTRODUCTION

Au cours de ces dernières années, une croissance démographique rapide a été constatée au niveau mondial. En 2018, la population Malagasy est estimée à 25 680 342 d'habitants (INSTAT, 2019). Cette situation engendre de nombreux problèmes urbains affectant particulièrement le secteur élevage (Razafinarivo et *al.*, 2020). En effet, la surface de terre pâturable diminue de plus en plus alors que la demande en alimentation ne cesse d'augmenter (Razafinarivo et *al.*, 2020). Ensuite, Il n'y a pas de voies originales qui permettent à Madagascar de poursuivre des productions intensives avec une alimentation déséquilibrée en énergie, protéine et périodiquement insuffisante (Guérin et *al.*, 1989). Ainsi, produire des aliments équilibrés et adaptés aux besoins des animaux permet de participer à une meilleure rentabilité dans l'élevage, et d'assurer la sécurité alimentaire de la population.

Concerné par ce problème, l'équipe de l'Institut Malgache des Vaccins Vétérinaires en collaboration avec le DRZVP/FOFIFA ont développé la culture de fourrage hydroponique pour alimenter les animaux de laboratoire tels que les cobayes, lapins et moutons. Ces animaux sont utilisés pour tester l'efficacité et l'innocuité des vaccins produits à l'IMVAVET. En tant qu'herbivores, leur

alimentation est assurée principalement par des fourrages verts, mais l'approvisionnement en fourrage reste un défi majeur surtout durant la saison sèche. Aussi, l'apport de fourrage quotidien de différentes sources est un risque pour la sécurité sanitaire au niveau de notre animalerie. Cette technique hydroponique permet l'obtention de jeunes pousses de céréales indépendamment de la disponibilité de sols cultivables et des contraintes environnementales.

La présente étude a pour principal objectif de valoriser la culture fourragère hydroponique dans l'alimentation des ruminants en zone urbaine et pour améliorer l'alimentation des animaux de laboratoire de l'IMVAVET en saison sèche. Après l'installation des dispositifs pour la culture hydroponique, les valeurs nutritionnelles des fourrages verts obtenus ont été analysés par spectrométrie dans le proche infra-rouge.

MATERIELS ET METHODES

L'étude a été menée au niveau des Centres Nationaux de Recherche, IMVAVET et DRZVP/FOFIFA. Un dispositif expérimental pour la production de fourrage hydroponique y a été installé et testé.

Matériels d'expérimentation

Le maïs (*Zea mays*) a été choisi comme espèce végétale pour la production de fourrage vert hydroponique (FVH).

Un plateau en plastique de dimension 60cm x 40cm x 10cm a été utilisé pour la culture hydroponique. Ce plateau est muni de 3 trous de part et d'autre de la largeur pour assurer le drainage de l'eau d'arrosage.

Une serre artisanale avec 3 étagères a été construite pour assurer la culture, le contrôle de la lumière, la température et l'humidité ambiante. Les étagères servent de support pour le plateau. Aussi, un thermomètre a été introduit dans la serre pour mesurer la température sous une condition naturelle.



Figure 1 : Une serre artisanale

Production de FVH

La production du FVH se fait en deux étapes. La première étape, la pré-germination, consiste à la réhydratation des germes jusqu'à l'apparition de la radicule. La seconde étape est basée sur la germination des maïs par les enzymes, amylase et cellulase, qui mobilisent les réserves d'amidon et de protéines dans la graine, en les transformant en sucres et acides aminés (Miralles-Bruneau, 2015).

Un kilogramme de graines de semence de maïs a été réhydratées dans 2 litres d'eau tiède. Les graines vides, flottantes, qui ne peuvent pas germer, ont été retirées ainsi que les impuretés. Ensuite, une poignée de NaCl a été ajoutée dans le mélange pour limiter la prolifération des microorganismes tels que les champignons. Après le trempage des graines pendant 12 heures, le mélange a été égoutté et lavé abondamment avec de l'eau propre. Puis, les graines ont été transférées dans un sac en jute et ont été laissées durant 24 heures pour déclencher la pré-germination effective ou l'apparition de la radicule. Les 550g des graines pré-germées ont été étalées d'une manière uniforme sur un plateau en plastique et ont été arrosées continuellement jusqu'à l'apparition des premières feuilles.

Suivi de la croissance des fourrages

Différents paramètres, à savoir, la longueur de la plantule, le rendement en biomasse, l'apparition de la radicule, l'apparition de la première feuille ont été collectés quotidiennement.

Détermination des matières organiques des fourrages

L'analyse de la composition chimique des fourrages a été effectuée au laboratoire de l'Alimentation et de Nutrition du DRZVP/FOFIFA. La méthode d'analyse par Spectrométrie dans le Proche Infra-rouge (SPIR), basée sur la mesure de l'absorption des rayonnements Infra-rouge par la matière organique (absorption de la lumière/acquisition spectres) a été utilisée pour estimer la composition chimique des fourrages.

La plante entière de maïs, sa partie aérienne (feuille et tige) et sa partie racinaire ont été analysées. Les échantillons ont été séchés dans une étuve ventilée à 103°C pendant 24 heures. Une fois que le FVH est sec, chaque échantillon de la plante entière, de la partie aérienne et de la partie racinaire est broyé pour obtenir une poudre qui est analysé en SPIR afin d'obtenir son taux en matières organiques.

RESULTATS

Qualité du fourrage vert hydroponique

Après 10 jours de culture, un fourrage vert hydroponique (FVH) uniforme, de même hauteur et de même couleur, d'environ 30 cm de hauteur, soudé au niveau de la racine, a été obtenu (Figure 2). La couleur blanche de la racine montre que la culture est propre sans moisissure ni dépôt de particules indésirables.



Figure 2 : Fourrage vert hydroponique de maïs après 10 jours de culture

Rendement en Biomasse

Une biomasse de 1045 g a été obtenue, soit 3 fois le poids initial des graines.

Le rendement en matière sèche est le rapport entre le poids sec et le poids frais du FVH et de chaque partie aérienne et racinaire.

Tableau 1 : Poids des principales composantes du fourrage vert hydroponique de maïs

FVH* de maïs	Poids frais (g)	Poids secs (g)	Rendement MS (%)
Partie entière	1045	130	12, 44
Partie aérienne*	330	17, 7	05, 36
Partie racinaire	680	107, 5	15, 81

*Partie aérienne : Feuilles et Tiges, FVH : Fourrage vert hydroponique, MS : Matière sèche

Estimation des valeurs nutritionnelles du FVH par SPIR

L'analyse par SPIR des trois différents échantillons montre que la partie aérienne (feuilles et tige) est plus riche en cellulose brute, en fibre, en lignine et en protéine. L'estimation des valeurs nutritionnelles obtenue par SPIR est présentée dans le tableau 2.

Tableau 2 : Valeurs nutritionnelles du FVH de maïs par SPIR

Matières organiques*	Plante entière (%)	Partie aérienne (%)	Partie racinaire (%)
DM sauf	78,28	72,86	67,46
ASH	7,19	8,53	6,96
CB	9,64	18,78	6,78
ADF	11,52	21,47	7,86
ADL	1,06	3,61	0,74
NDF	35,33	48,59	30,37
Protéine	8,09	16,62	5,95

*DM sauf : Matière sèche sauf ; ASH : Cendre ; CB : Cellulose Brute ; ADF : Fibre au Détergeant Acide ; ADL : Lignine au Détergeant Acide ; NDF : Fibre au Détergeant Neutre

DISCUSSION

En suivant le protocole, un fourrage vert hydroponique d'environ 30 cm a été obtenu en 10 jours, pesant environ 3 fois son poids d'origine alors que selon les sociétés commerciales, 1 kg de céréales produit 6 à 9 kg de biomasse (Sneath et McIntosh, 2003).

L'expérimentation montre que la teneur en matières sèches (MS) est de 12,44 %. Ce résultat est différent par rapport à celui de Maëva Miralles-Bruneau (2015) qui a obtenu un taux de matières sèches de 18,4%. Cette différence pourrait être due à la variété de la semence, des conditions de pré-germination et les conditions de culture (température, humidité, éclairage, irrigation).

Un taux de fibre et de protéines élevés a été mis en évidence. La teneur totale des protéines reste similaire, mais en raison de la perte de MS, le pourcentage de protéines augmente, donnant une augmentation apparente des protéines. Cette étude exprime que la teneur en protéine est de 8,09 % de la matière sèche. Néanmoins, ce résultat est inférieur à la teneur obtenue par Maëva Miralles-Bruneau (2015) qui est

de plus de 14% de taux de protéine par matière sèche qui peut être dû à l'apport d'engrais azotés.

Hautement nutritif, le grain germé de manière hydroponique présente des limites majeures pour une utilisation rentable dans les exploitations bovines commerciales dû à son coût de production élevé (coût de capital, amortissement, main-d'œuvre, frais de fonctionnement), au traitement d'une humidité très élevée alimentation et risque de moisissure (Sneath et McIntosh, 2003). Sur l'objectif d'évaluer la faisabilité et la durabilité de la culture, on peut dire que c'est tout à fait faisable à long terme du point de vue coût-avantage surtout pour les grandes exploitations de bétails dans les zones urbaines avec peu d'espace et/ou avec un climat défavorable. Mais si la surface cultivable et disponible et les conditions climatiques sont favorables, la culture hydroponique est peu rentable.

Concernant la digestibilité, le FVH est un fourrage riche en énergie, sous une forme peu acidogène. Il est riche en protéines, enzymes, vitamines et minéraux, présents sous une forme facilement assimilable par l'animal (Miralles-Bruneau, 2015). Des études ont déterminé que 7 à 8 kilogrammes de FVH peut remplacer un kilogramme de concentré (Naik, Dhuri et Singh, 2011). Des performances élevées sont obtenues avec des gains de poids vif quotidien dépassant 1,5 kg et des taux de conversion alimentaire supérieurs à 7 : 1 (kg de MS d'aliment à gain de poids vif) sont courants. Les grains atteignent des performances très élevées, mais l'amidon hautement digestible peut également provoquer une acidose et des dommages au foie s'ils sont introduits trop rapidement chez les bovins (Sneath et McIntosh, 2003).

La production de fourrage hors-sol, pourrait être une alternative, et représenter une voie d'intensification de la production de biomasse de qualité, en étant plus efficace en terme de surfaces et d'utilisation d'eau, et tout en se dédouanant des contraintes climatiques (Miralles-Bruneau, 2015). Son plus grand avantage est la faible durée de production, en seulement 10 jours par rapport à la culture normale.

CONCLUSION

Face à la croissance démographique et à l'urbanisation, l'adoption de la culture de fourrage hydroponique apportera une solution dans l'alimentation des ruminants en zone urbaine. Aussi, le développement de l'élevage assurera la sécurité alimentaire par la production de viandes et de lait de qualité. Cette technique a été optée à l'IMVAVET pour fournir du fourrage vert de qualité aux petits ruminants (cobayes, lapins, moutons) même en saison sèche.

Mis à part l'investissement pour l'installation des infrastructures, la production de fourrage hydroponique est avantageuse par rapport à l'installation de parcelle

fourragère ou la production d'ensilage. Son application sera bénéfique pour les éleveurs et les agriculteurs, face à la diminution de la surface pâturable en zones urbaines et suburbaines. Aussi, comme la technique ne dépend pas des aléas du climat, elle peut être développée dans les régions Sud et Sud-Ouest de l'Ile, où l'élevage des bovidés est la principale activité économique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) Guerin, Hubert et *al.* (1989), L'alimentation du bétail à Madagascar les ressources en matières premières leur utilisation par l'élevage actions à mener pour le développement des productions animales, p 11.
- 2) INSTAT (2019). Population & démographie [archive] sur le site de l'Instat
- 3) Miralles-Bruneau, Maëva et *al.* (2015). Utilisation du fourrage vert hydroponique en production de viande bovine et ovine à la Réunion : une alternative pour pallier aux déficits fourragers futurs liés aux changements climatiques et au manque de foncier agricole ?
- 4) Miralles-Bruneau (2015). Essai de production de fourrage hors sol d'une variété d'orge local sans solution nutritive. Mémoire. En vue de l'obtention du Diplôme de Master.
- 5) Naik, Dhuri et Singh (2011). Production de fourrage hydroponique : technologie alternative pour une production animale durable.
- 6) Razafinarivo T.D et *al.* (2020), Valorisation du mucuna pour l'alimentation des animaux de rente à Madagascar. FOFIFA - DRZVP (Département de recherches Zootechniques Vétérinaires et Piscicoles), p.12.
- 7) Sneath et McIntosh, (2003). Review of Hydroponic Fodder Production for Beef Cattle. Department of Primary Industries : Queensland Australia 84. McKeehen, p. 54.

ENQUETE ETHNOBOTANIQUE SUR LA PLANTE *MYROTHAMNUS MOSCHATUS* DANS LE SUD DE MADAGASCAR

par

HANITRINIAINA Natafita Carène ^(1,2), RAZAFIMAHA TRATRA Jean H. ⁽¹⁾,
SOAVINA Silvère A. ⁽¹⁾, MANJOVELO Sambany C. ⁽¹⁾, FATIANY Pierre R. ⁽¹⁾
RASOLONDRATOVO Benoit ⁽¹⁾, RAZAFIMAHEFA Solofoniaina ^(3,4)

(1) Domaine Science et Technologie, Université de Toliara, Madagascar

(2) Institut d'Enseignement Supérieur de Menabe, Université de Toliara, Madagascar

(3) Institut d'Enseignement Supérieur Antsirabe Vakinankaratra, Université d'Antananarivo, Madagascar

(4) Institut Malgache de Recherches Appliquées, Antananarivo, Madagascar

RESUME

La médecine traditionnelle occupe une place importante dans la vie quotidienne et la santé des Malagasy surtout dans la partie Sud de Madagascar. Dans cette région, plus de 80% de la population utilise les plantes pour se soigner.

L'objectif de cette étude est de collecter toutes les informations sur les utilisations traditionnelles de la plante *Myrothamnus moschatus* pour servir de base aux études pharmacologiques et phytochimiques de cette plante. Des enquêtes que nous avons menées auprès des populations et des guérisseurs vivant en étroite symbiose avec cette plante dans la partie Sud de Madagascar ont contribué à la découverte d'autres utilisations empiriques importantes de cette plante. Entre autres, son pouvoir expulseur de mauvais esprits (Maharoaka chez l'ethnie Bara), son effet narcotico-stimulant (Fanalalahy, Somoro chez l'ethnie Betsileo) qui sont des activités liées aux composées aromatiques de la plante. Nos enquêtes nous ont conduites à d'autres activités pharmacologiques de l'espèce *Myrothamnus moschatus* liées à ses composés non volatiles. La décoction de la plante est utilisée dans le traitement des plaies traînantes et certaines formes d'infections telles que la fièvre et la toux. La principale méthode de préparation est l'inhalation (72,49%), l'administration se fait majoritairement par voie respiratoire (57%).

Les tests bioguidés ont montré que la fraction acétate d'éthyle de la plante présente une activité suppressive vis à vis des souches plasmodiales des rongeurs : *Plasmodium bergeii* et *Plasmodium yoelii*. A 500 mg/kg, elle inhibe à 46,5 % la parasitémie des souris traitées par rapport aux témoins négatifs.

Mots clés : Ethnobotanique, Médecine traditionnelle, *Myrothamnus moschatus*, Sud de Madagascar

ABSTRACT

Traditional medicine occupies an important place in the daily life and health of the Malagasy, especially in the southern part of Madagascar. In this region, more than 80% of the population uses plants to manage their health.

The objective of this study is to collect all the information on the traditional uses of the plant *Myrothamnus moschatus* to serve as a basis for pharmacological and chemical studies of this plant. Surveys that we have conducted among the population and traditional healers living in symbiosis with this plant in the southern part of Madagascar have contributed to the discovery of other important empirical uses of this plant. Other uses include its power to expel evil spirits (Maharoaka in the Bara ethnic group) or narcotico-stimulating effect (Fanalalaha, Somoro in the Betsileo ethnic group) which are activities linked to the aromatic compounds of the plant. Our investigations led us to other pharmacological activities of the species *Myrothamnus moschatus* related to its non-volatile compounds. A decoction of the plant is used in the treatment of trailing wounds and some forms of infections such as fever and cough. The main method of preparation is inhalation (72.49%), administration is predominantly via the respiratory route (57%).

Bioguided tests have shown that the ethyl acetate fraction of the plant has suppressive activity against rodent plasmodial strains: *Plasmodium bergeii* and *Plasmodium yoelii*. At 500 mg / kg, it inhibits the parasitaemia of the treated mice by 46.5% compared with the negative controls.

Key words : Ethnobotany, traditional knowledge, *Myrothamnus moschatus*, South part of Madagascar

FINTINA

Ny fitsaboana nentim-paharazana dia mitana toerana lehibe amin'ny fiainana andavanandron'ny malagasy, indrindra ny faritra atsimon'i Madagasikara. Amin'ity faritra ity, maherin'ny 80% ny mponina no mampiasa zavamaniry ho fanasitranana.

Ny tanjon'ity fandinihana ity dia ny hanangonana ny fahalalana rehetra momba ny fampiasana nentim-paharazana ny zavamaniry *Myrothamnus moschatus* izay afaka ampiasaina ho fototry ny fanadihadiana ara-panafody sy simika an'io zavamaniry io. Ny fanadihadiana izay nataonay teo amin'ireo mponina sy mpitsabo nentim-paharazana izay mipetraka amin'ny toerana misy zava-maniry io any amin'ny faritra atsimon'i Madagasikara dia nanampy tamin'ny fahitana fampiasana

nentim-paharazana manan-danja an'io zavamaniry io. Ankoatran'ny fampiasana azy amin'ny fandroahana fanahy ratsy (Maharoaka ao amin'ny foko Bara) na ny vokany mampiantanentana na koa mahadomelina (Fanalalahy, Somoro ao amin'ny foko Betsileo) izay mifandraika amin'ny fiasan'ny fangaro manitra ao amin'io zavamaniry io. Ny fanadihadiana nataonay dia nampafantatra anay ny fomba fampiasana hafa an'ny zava-maniry *Myrothamnus moschatus* ankoatran'ny fampiasana ny fangaro manitra. Ny fitanehana an'io zavamaniry io dia ampiasaina amin'ny fitsaboana ny fery tsy mety sitrana sy karazana aretina hafa toy ny tazo sy kohaka.. Ny fomba fikarakarana azy lehibe indrindra dia ny evoka (72,49%), ny fitantanana dia amin'ny alàlan'ny lalam-pisefoana (57%).

Ny fanandramana « bioguidé » dia naneho fa ny singa nalaina tao amin'ny acetate d'éthyle an'io zavamaniry dia manohitra ny fihanaky ny tsiranoka plasmodial an'ny biby mpitsetsitra: *Plasmodium bergeii* sy *Plasmodium yoelii*. Amin'ny 500 mg/kg, dia manakana ny katsentsitry ny totozy voatsabo 46,5% raha oharina amin'ny biby tsy notsaboina.

Teny manandanja : Ethnobotanique, fitsaboana nentim-paharazana, *Myrothamnus moschatus*, Faritra atsimon'i Madagasikara

INTRODUCTION

Les plantes médicinales constituent un patrimoine précieux pour l'humanité et plus particulièrement pour la majorité des communautés démunies des pays en voie de développement qui en dépendent pour assurer leur soin de santé primaire et leurs subsistances (Salhi et *al.*, 2010). Actuellement, malgré le progrès de la pharmacologie, l'usage thérapeutique des plantes médicinales est très présent dans certains pays du monde et surtout les pays en voie de développement, en l'absence d'un système médical moderne (Tabuti et *al.*, 2003) . Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, plus de 80% des populations africaines ont recours à la médecine et à la pharmacopée traditionnelle pour faire face aux problèmes de santé. Notamment, le cas de Madagascar.

En plus notre grande île est réputée par sa richesse en faune et en flore, car parmi les 14 000 plantes recensées, 80% sont endémiques (Rajaobelina et *al.*, 2011).

En outre, le grand Sud malgache est une source d'espoir et d'avenir pour des nouveaux médicaments isolés à partir des plantes médicinales (Rasolomanana, 2012). Il apparaît donc primordial pour les scientifiques de réaliser des études ethnobotaniques, phytochimiques et pharmacologiques afin de valider les vertus thérapeutiques accordées à ces préparations (Gnagne et *al.*, 2017)

L'ethnobotanique étant une science du domaine des sciences sociales, utilise les techniques de ces dernières dont principalement les techniques d'entretien pour la collecte des données. (Houehanou, 2016).

La présente étude réalisée dans la partie Sud de Madagascar a pour but de contribuer à des études phytochimique et pharmacologique de la plante *Myrothamnus moschatus* et de réunir le maximum d'informations concernant les usages thérapeutiques pratiqués par la population locale. En effet, il est très important de traduire ce savoir traditionnel en un savoir scientifique afin de le revaloriser, de le conserver et de l'utiliser d'une manière rationnelle (Benkhniq et al., 2010)

MATERIELS ET METHODES

Site d'étude

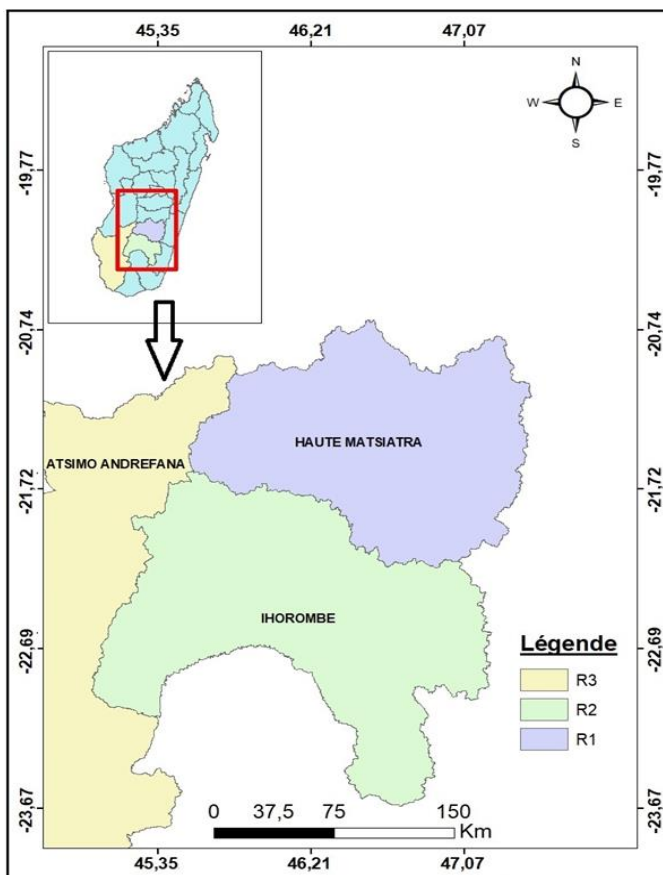


Figure 1 : Site d'étude

L'enquête ethnobotanique que nous avons menée s'est déroulée dans la partie sud de Madagascar, en allant de la province de Fianarantsoa jusqu'à la province de Tuléar bordant la route nationale numéro 07 (RN7) ; plus précisément dans les régions Haute-Matsiatra, Ihorombe et quelques villages situés dans la région Atsimo-Andrefana (Figure1).

La population de la zone d'étude est composée principalement des ethnies Betsileo et Bara

Matériels d'étude

Matériel Végétal

Myrothamnus moschatus, endémique de Madagascar appartient à la famille de Myrothamnaceae, genre *Myrothamnus* (Millogo-Rasolodimby, 1991). Elle fait partie des plantes de résurrection. Les espèces de résurrection sont des groupes des plantes terrestres qui, par des moyens divers, peuvent se remettre après une dessiccation complète. Ces plantes sont désignées « la dessiccation tolérante » et ont la capacité remarquable de survivre à l'état sec pendant des mois lors d'un stress par sécheresse sévère (Randrianarivo, 2017).

Matériel technique d'étude

Pour l'étude ethnomédicinale, une fiche d'enquête nous a permis de recueillir toutes les informations nécessaires concernant la plante étudiée. Et pour la collecte des plantes, nous avons besoin d'un sécateur, de sacs et d'un appareil photographique numérique.

Concernant l'étude pharmacologique, pour évaluer l'activité antipaludique des extraits non-volatils de la plante *Myrothamnus moschatus*, des tests *in vivo* ont été effectués sur des souches plasmodiales des rongeurs : *Plasmodium bergeii* et *Plasmodium yoelii*.

Méthodes d'études

Enquête ethnobotanique

Il s'agit d'une étude transversale descriptive réalisée dans la partie Sud de Madagascar de Juin à Aout 2018.

Un questionnaire semi-structuré a été utilisé pour la collecte des données auprès des utilisateurs de la zone d'étude. Le questionnaire comprend essentiellement les points suivants : les caractéristiques sociodémographiques de l'informateur (âge, sexe, la classe de l'informateur (guérisseur, utilisateur), le nom vernaculaire de la plante selon le lieu, les Indications thérapeutiques, la partie utilisée, le mode de préparation, le mode d'administration et enfin la durée de traitement.

De plus, une observation directe sur terrain a été également réalisée, tant auprès des informateurs que sur les lieux où la plante est disponible.

Traitement des données

Les données recueillies sur les fiches d'enquête ont été traitées avec le logiciel Microsoft Excel qui a également servi pour le tracé des graphes.

Préparation de l'extrait acétate d'éthyle

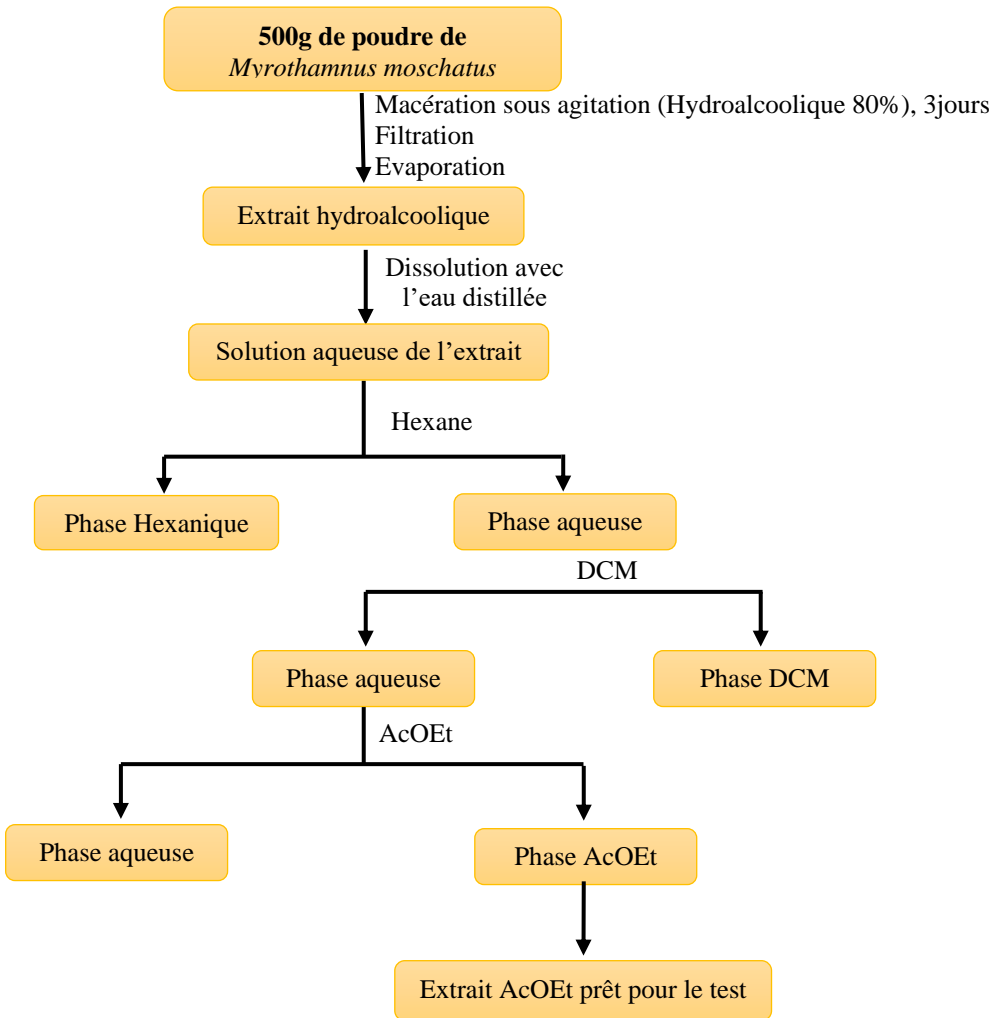


Figure 2 : Protocole d'extraction de l'extrait AcOEt

Test antipaludique

Le test de suppression parasitaire de 4 jours a été utilisé pour évaluer l'activité antiplasmodiale de la plante (Peters, 1970). Il consiste à évaluer l'efficacité pour inhiber la croissance parasitaire d'un extrait de plante administré à des doses connues à des animaux impaludés par mesure de la parasitémie (Rakotoarimanana, 2014)

La parasitémie par animal et la moyenne par lot ont été calculées. Puis, le pourcentage d'inhibition par lot par rapport au témoin non traité est calculé selon la formule suivante :

$$\%I = \frac{PT - Pt}{Pt} \times 100$$

avec PT : moyenne des parasitémies Testés

Pt : moyenne des parasitémies Témoin

RESULTATS

Les données sociodémographiques

Répartition selon le sexe des enquêtés

Les résultats de l'enquête montrent que les informateurs du genre masculin sont plus nombreux avec une moyenne de 74% contre 26% pour les femmes (Tableau 1).

Tableau 1 : Répartition des enquêtés selon le sexe

Région	Effectif Total	Effectif par sexe		Répartition par Sexe (%)	
		Homme	Femme	Homme	Femme
R1	40	32	8	80	20
R2	40	28	12	70	30
R3	40	29	11	72,5	27,5

Répartition des enquêtés par classe d'âge

Le Tableau 2 et la Figure3 suivants montrent les résultats de répartition des enquêtés par classe d'âge

Tableau 2 : Répartition des enquêtés par classe d'âge

Région	Effectif Total	Effectif par classe d'âge (par an)					Répartition par classe d'âge (% par an)				
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
R1	40	1	5	8	14	12	2,5	12,5	20	35	30
R2	40	2	7	3	15	13	5	17,5	7,5	37,5	32,5
R3	40	0	8	10	19	3	0	20	25	47,5	7,5

(1) : <20 (2) : 20≤âge>30 (3) : 30≤âge>40 (4) : 40≤âge>60 (5) : ≥60

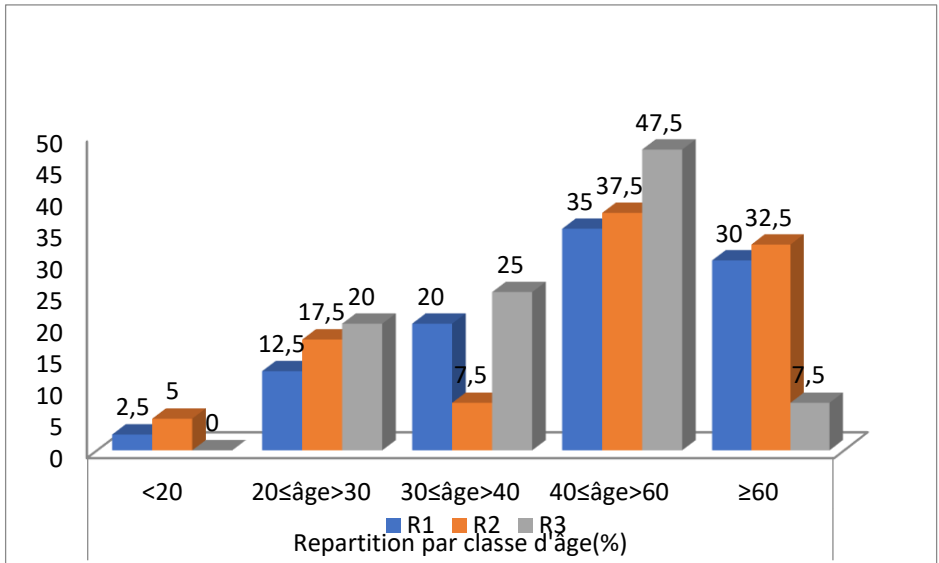


Figure 3 : Répartition des enquêtés par classe d'âge

Répartition des enquêtés selon le niveau d'études

Tableau 3 : Répartition des enquêtés selon le niveau d'étude

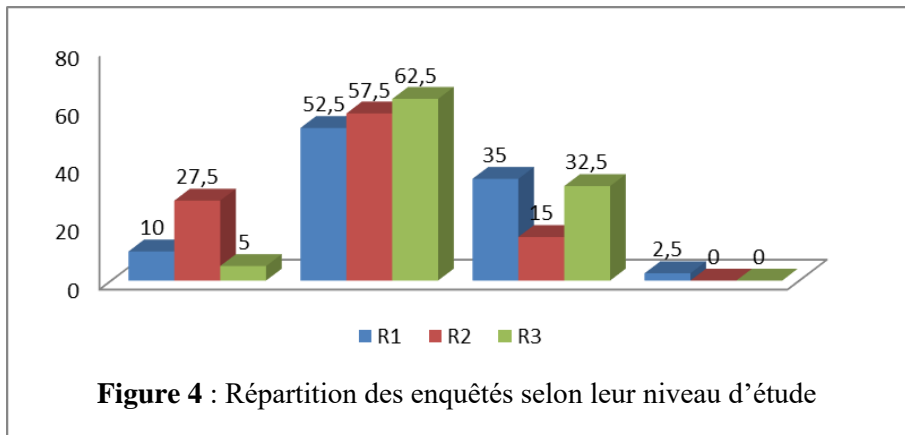
Région	Effectif Total	Effectif par niveau d'étude				Répartition par niveau d'étude (%)			
		(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
R1	40	4	21	14	1	10	52,5	35	2,5
R2	40	11	23	6	0	27,5	57,5	15	0
R3	40	2	25	13	0	5	62,5	32,5	0

(1) : Non Scolarisé

(3) : Secondaire

(2) : Primaire

(4) : Supérieur



Répartition des Enquêtés par Classe d'Informateur

Les guérisseurs représentent les 6% des informateurs, les 94% restants sont des utilisateurs (Tableau 4).

Tableau 4 : Répartition des Enquêtés par Classe d'Informateur

Région	Effectif Total	Effectif par Classe d'Informateur		Répartition par Classe d'Informateur (%)	
		Guérisseur	Utilisateur	Guérisseur	Utilisateur
R1	40	4	36	10	90
R2	40	1	39	2,5	97,5
R3	40	2	38	5	95

Les données ethnobotaniques

Le nom vernaculaire et l'effet thérapeutique de la plante varient suivant l'ethnie. Maharaoka pour l'ethnie Bara, est utilisé pour chasser les mauvais esprits et pour traiter des maladies chroniques telles les plaies atones et désordres du cerveau. Fanalalahy pour les Betsileo qui reflète l'effet magique et spirituel de la plante. « Somoro » veut dire fumer, les Betsileo l'utilisent contre la toux ou autre problème de la voie respiratoire (Figure 5). Du point de vue écologique, il s'agit d'une plante lithophyte qui ne pousse que sur des rochers.

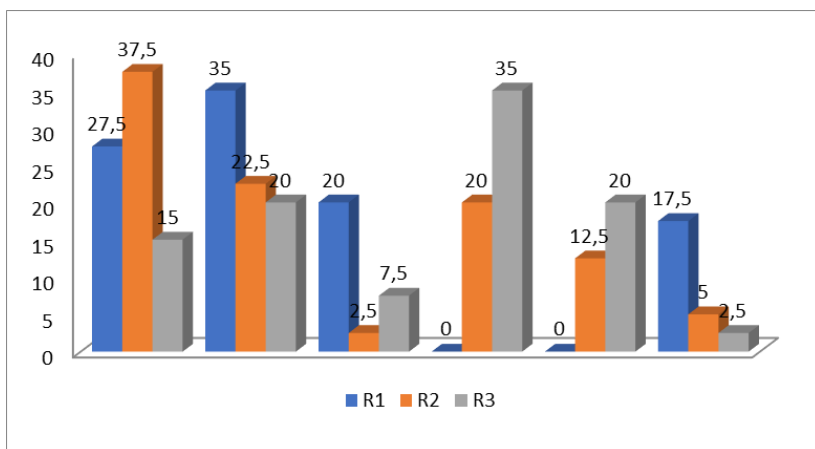


Figure 5 : Répartition par Indication thérapeutique de la plante

Parties utilisées : les parties aériennes de la plante *Myrothamnus moschatus* sont les parties utilisées d'après les données reçues pendant les enquêtes dans toutes les régions de la zone étudiée.

Mode de préparation : Trois techniques de préparation sont employées à savoir : l'inhalation (38,33%), l'inhalation par fumigation (34,16%) et la décoction (26,66%) (Tableau 5).

Tableau 5 : Répartition par mode de préparation

Région	Effectif Total	Effectif par Mode de Préparation			Répartition par Mode de Préparation (%)		
		Inhalation	Inhalation par fumigation	Décoction	Inhalation	Inhalation par fumigation	Décoction
R1	40	17	20	3	42,5	50	7,5
R2	40	16	11	13	40	27,5	32,5
R3	40	14	10	16	35	25	40

Parmi les modes d'administrations enregistrés, la voie respiratoire est plus sollicitée avec un pourcentage de 57%, voie orale à 18%, voie cutanée à 11% et l'association de voie orale + cutanée à 14%. Pour le traitement de plaies atones, la décoction est utilisée par voie orale et/ou application locale (Figure 6).

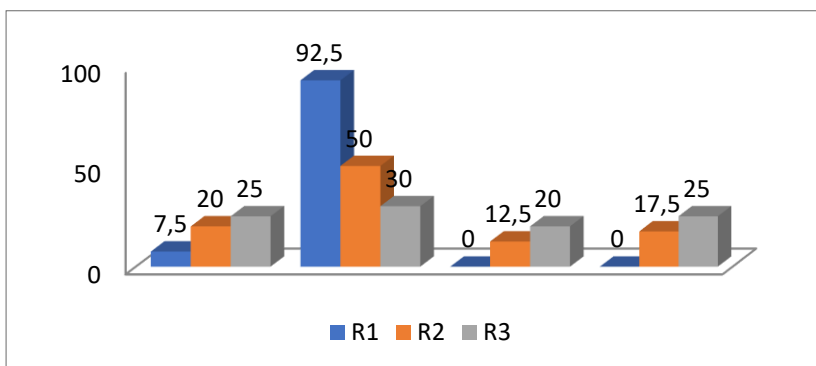


Figure 6 : Répartition par mode d'administration de la plante

Pour les résultats du test pharmacologique, la fraction acétate d'éthyle de la plante présente une activité suppressive des différentes souches de *Plasmodium* des rongeurs : *Plasmodium bergii* et *Plasmodium yoelii*. A 500 mg/kg, elle inhibe à 46,5 % la parasitémie des souris traitées par rapport aux témoins négatifs. (Figure 7).

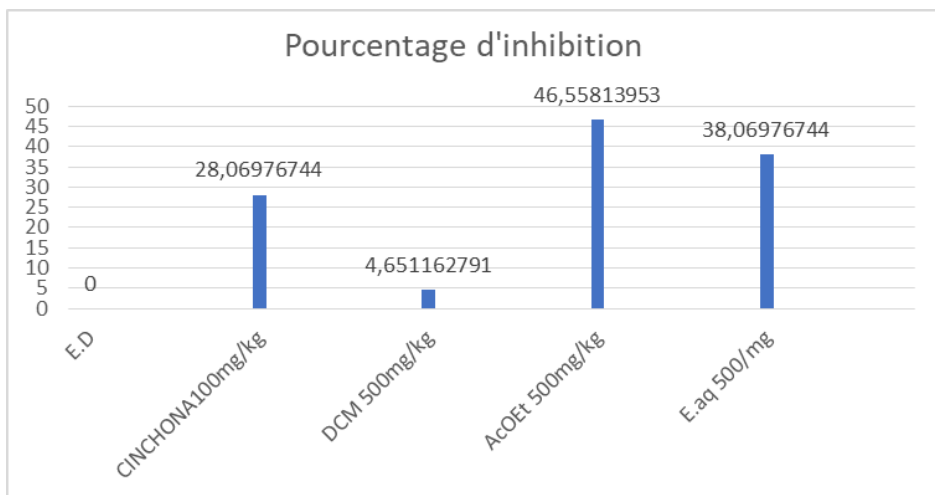


Figure 7 : Pourcentage d'Inhibition de parasitémie de J4

DISCUSSION

La durée consacrée à l'étude sur site apparaît être insuffisante vue l'étendue des régions explorées. Quoiqu'il en soit nous avons pu recueillir des données répondant aux objectifs de l'étude.

Il y a intérêt à souligner que les informations collectées auprès des enquêtés, guérisseurs ou consommateurs ont été enregistrées et traitées de la même façon.

Pendant l'enquête, 120 informateurs volontaires ont été recrutés. Ils sont repartis sur 3 régions différentes avec une moyenne d'âge de 48 ans. Les

informateurs du genre masculin sont majoritaires (plus de 70% des enquêtés), ce qui confirme que la pratique de la médecine traditionnelle est l'apanage des hommes d'âge mûr (Holaly et *al.*, 2015). Les personnes âgées sont censées fournir des informations plus fiables (Gnagne et *al.*, 2017)

Le *Myrothamnus moschatus* est une plante à usage multiple comme anti convulsion, antitussif, antimigraine, contre la plaie atone d'allure chronique, antipyrétique. Des travaux antérieurs plaident dans ce sens (Randrianarivo et *al.*, 2013)

La partie aérienne est fréquemment utilisée. L'inhalation est la méthode la plus utilisée, elle représente plus de 70% d'utilisateurs.

Globalement, six (06) indications se dégagent comme utilisation empirique de la plante ; dont l'activité liée aux désordres du cerveau est majoritaire (53%). Notons tout de même que l'indication spirituelle figure parmi celles qui sont indiquées par les tradipraticiens. Ce qui suggère pour les étapes ultérieures un approfondissement sur cette piste.

Pour l'activité antipyrétique évoquée par les utilisateurs, cette indication mérite une attention particulière pour les étapes à venir, notamment sur l'éventuelle activité antiplasmodiale de l'extrait de la plante *Myrothamnus moschatus*. Pour le résultat du test pharmacologique, l'efficacité de l'extrait acétate d'éthyle à 500 mg est remarquable, le pourcentage d'inhibition de la parasitémie à J4 est à 46,5% par rapport à la référence positive qui est à 28,6%

La prédominance des recettes monospécifiques de la plante est confirmée durant toute l'enquête. En effet, les associations de plantes, mal assorties sont dangereuses (Kouadio et *al.*, 2016). En Afrique, environ 30% des accidents mortels sont dus à l'usage des mixtures (El-Saïd et *al.*, 1969).

CONCLUSION

L'enquête que nous avons menée dans la partie Sud de Madagascar a permis de révéler une multitude d'utilisations empiriques notamment médico-magiques et d'importance de la plante *Myrothamnus moschatus* dans la médecine traditionnelle malagasy.

De point de vue ethnobiologique, la partie aérienne constitue la partie des plantes utilisées dans toute la zone d'étude, l'inhalation est la pratique la plus courante ainsi que la décoction. Les caractères reviviscents et adaptifs de la plante pourraient être dus à la présence des différentes molécules responsables de ses multiples propriétés pharmacologiques et utilisations traditionnelles. Nos travaux de recherche correspondent aux objectifs du développement durable ou ODD ;

Valorisation et Conservation des ressources Naturelles, l'Axe santé aussi rentre en vogue dans notre thème de recherche. L'isolement des principes actifs responsables des activités thérapeutiques de la plante seront notre perspective pour des études futures.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- 1) Benkhigui, O., Zidane, L., & Mohamed, F. (2010, 2011). *Etude ethnobotanique des plantes médicinales région du Gharb Du Maroc*.
- 2) El-Said, F., Sofowora, E., Malcom And Hoffer, A. (1969). An Investigation into The Efficacy Of *Ocimum Gratissimum* L. (Lamiaceae) As Used In *Nigeria Native Medecine*. 17, 150-165.
- 3) Gnagne, Camara, Fofie, Bene, Zirihi. (2017). Étude Ethnobotanique Des Plantes Médicinales Utilisées Dans Le Traitement Du Diabète Dans Le Département De Zouénoula (Côte D'ivoire). In *Journal Of Applied Biosciences*, 113(1), 11257.
- 4) Holaly, Simplicie, Charlemagne, Kodjovi, Kokou, Tchadjobo, et al. (2015). Étude ethnobotanique des plantes utilisées dans le traitement du diabète dans la médecine traditionnelle de la région maritime du Togo. In *Pan African Medical Journal*, 20.
- 5) Houehanou, D. T. (2016). Approches méthodologiques synthétisées des études d'ethnobotanique quantitative en Milieu Tropical. In *Annales Des Sciences Agronomiques*, 20, 19.
- 6) Kouadio, Djeneb, Yvette, Basile, Cynthia, Alain, et al. (2016). Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans le département de Transua, district du Zanzan (Côte D'ivoire). In *Journal of Animal & Plant Sciences* 27(2), 21.
- 7) Millogo-Rasolodimby, J. (1991). Flore de Madagascar et des Comores, Myrothamnaceae, Famille 94 (Publications Du Muséum National D'histoire Naturelle, Éd.; p. 81-85.
- 8) Peters, W. (1970). Chemotherapy and drug resistance in Malaria. *Academic Press*, 64-136.
- 9) Rajaobelina, H., & Andrianiharinarivo, M. (2011). *Conservation Internationale De L'environnement Et Groupement Ecologique De Madagascar*. Colloque Internationale De L'environnement.
- 10) Rakotoarimanana, H. (2014). *Eudes chimiques et pharmacologiques d'un remède antipaludéen traditionnel à base de plantes*. Université d'Antananarivo.

- 11) Randrianarivo, E. (2017). *Etude de l'activité biologique et de la variation des constituants chimiques de l'huile essentielle de Myrothamnus Moschatus*. [Http://Biblio.Univ-Antananarivo.Mg/Pdfs/Randrianarivoemmanuel_Sn_Dnr_17.Pdf](http://Biblio.Univ-Antananarivo.Mg/Pdfs/Randrianarivoemmanuel_Sn_Dnr_17.Pdf)
- 12) Randrianarivo, E., Rasoanaivo, P., Nicoletti, M., Razafimahefa, S., Lefebvre, M., Papa, F., Vittori, S., & Maggi, F. (2013). Essential-oil polymorphism in the 'resurrection plant' myrothamnus moschatus and associated ethnobotanical knowledge. In *Chemistry & Biodiversity*, 10(11), 1987-1998.
- 13) Rasolomanana, A. R. (2012). *Valorisation de plantes antipaludiques et anticancéreuses dans la région du sud-ouest de Madagascar : cas d'Evonymopsis Longipès (Celastraceae)*.
- 14) Salhi, Fadli, Zidane, Douira. (2010). Etudes floristique et ethnobotanique des plantes médicinales de la ville de Kénitra (Maroc). *Lazaroa*, 31, 133-143.
- 15) Tabuti, J. R. S., Lye, K. A., & Dhillion, S. S. (2003). Traditional herbal drugs of bulamogi, Uganda : plants, use and administration. In *Journal Ethnopharmacology*, 88, 19-44.

ETUDE DE L'ACTIVITE ANALGESIQUE CENTRALE DE *TITHONIA DIVERSFOLIA*

par

MANJOVELO Sambany C.⁽¹⁾, RAZAFINDRATSIMANDRESY Holy⁽¹⁾,
RAZAFIMAHATRATRA Jean H.⁽¹⁾, HANITRINIAINA Natafita Mirah C.⁽¹⁾,
DHOIFFIRI Faiydati⁽²⁾, RANDRIANAVONY Patricia⁽³⁾,
RANDIMBIVOLOLONA Fanantenainirainy⁽³⁾

(1) Laboratoire de Chimie des Substances Naturelles, Université de Toliara, Madagascar

(2) Université de Comores

(3) Laboratoire de Pharmacologie Générale, de Pharmacocinétique et de Cosmétologie, Université d'Antananarivo, Madagascar

RESUME

L'objectif de ce travail a été d'étudier l'activité analgésique centrale de l'extrait d'une plante utilisée empiriquement contre la douleur en utilisant la méthode de tail flick. La queue de la souris a été plongée dans l'eau chauffée à 50°C, et le temps mis par la souris pour retirer sa queue hors de l'eau chaude a été chronométré. L'administration de l'extrait de *Tithonia diversifolia* par voie orale augmente le temps de latence de retrait de la queue par rapport au témoin. Ce temps de latence est maximal à la 45^{ème} minute. Les animaux du lot témoin retirent leur queue au bout de $1,34 \pm 0,28$ minutes, contre $2,5 \pm 0,5$ et $12,25 \pm 2,25$ minutes chez les animaux traités avec *Tithonia diversifolia* aux doses de 15 et 30 mg/kg ($P < 0,05$). Ce qui correspond à l'inhibition de la sensation de douleur de 4,06 et 38,08 % respectivement. Le criblage effectué sur cet extrait révèle la présence de leucoanthocyanes, de triterpènes, de tanins et de stéroïdes. Ces résultats montrent l'activité analgésique centrale de l'extrait de *Tithonia diversifolia*, qui pourrait être attribuée aux composés phénoliques et/ou triterpénoïdes présents dans l'extrait.

Mots clés : Analgésique central, *Tithonia diversifolia*, Stéroïdes, Triterpènes, Souris

ABSTRACT

This work aimed to study the central analgesic activity of the hydroalcoholic extract of a plant empirically used as painkiller, using tailflick method. The mouse tail was immersed in water heated at 50°C, and the latency reflex to withdraw its tail was timed. Oral administration of *Tithonia diversifolia* extract increases the latency

reflex, which is maximal at 45 minutes. The latency reflex of the control group is 1.34 ± 0.28 minutes, versus 2.5 ± 0.5 minutes and 12.25 ± 2.25 minutes for the animals treated with *Tithonia diversifolia* at doses 15 and 30 mg/kg respectively ($P < 0.05$), these corresponds to 4.06 and 38.08% inhibition of pain sensation. Phytochemical screening conducted on the extract reveals the presence of leucoanthocyanins, triterpenoids, tannins and steroids. These results show the central analgesic activity of *Tithonia diversifolia* extract, which could be assigned to the phenolic compounds and/or triterpenoids in the extract.

Key words : Central analgesic, Mouse, Steroids, *Tithonia diversifolia*, Triterpènes

INTRODUCTION

La douleur est un des signes majeurs d'une maladie. Elle joue un rôle de signal d'alerte qui permet à l'organisme d'anticiper les dangers (Debril J., 2012). Elle peut être aiguë ou chronique. La douleur aiguë est de courte durée, elle est brusque et engendrée par un excès de nociception liée à un traumatisme. Tandis que la douleur chronique persiste plus de 3 à 6 mois. Dans ce cas, elle devient une maladie. Elle est engendrée par un excès de nociception, ou une lésion neurologique qui entraîne des conséquences significatives et progressives sur l'état physique, psychologique ou relationnelle de la personne telles qu'une dépression, une anxiété ou un trouble du sommeil (Fonzo-Christe C., 2006 ; Debril J., 2012).

Pour éviter que la douleur ne devienne chronique, l'organisme sécrète des analgésiques endogènes : les morphines endogènes ou endorphines ou endomorphines qui agissent au niveau de la moelle épinière et du cerveau. Au niveau de la moelle épinière, ils bloquent la transmission d'influx douloureux vers le cerveau en inhibant la libération de la substance P et du glutamate. Au niveau du cerveau, ils inhibent la formation de la synapse entre le neurone de la moelle épinière et celui du thalamus et stimulent l'activité des neurones dopaminergiques, augmentant ainsi la quantité de la dopamine. Cette dernière provoque une sensation d'euphorie (Scherrer G., 2009).

De tous temps, les chercheurs donnent de l'importance à la douleur et s'y attèlent pour trouver des substances pour soulager ou supprimer la sensation douloureuse (Fonzo-Christe C., 2006 ; Horde P., 2014). Au Vème siècle avant Jésus Christ , Hippocrate utilisait déjà l'écorce de saule contre les douleurs lors de l'accouchement (Hosstetmann K., 2012). Et plus tard, d'autres produits issus des plantes ont aussi trouvé leur place dans la prise en charge de la douleur comme l'opium, le saule, et la mandragore (Ribau C., 2003).

Suivant leur site d'action, les analgésiques sont classés en analgésiques périphériques et analgésiques centraux (Fonzo-Christe C., 2006). Les analgésiques périphériques agissent sur la phase de transduction du message nociceptif en inhibant l'expression des substances algogènes dans le processus de l'inflammation (Guirimand F., 1998). Tandis que les analgésiques centraux agissent sur le contrôle de la douleur en inhibant la transmission du message douloureux vers le cerveau ou la perception de la douleur au niveau du cortex cérébral (Brooks J., 2005). Actuellement, les analgésiques centraux sur le marché sont des opioïdes faibles tels que la codéine, le dextropropoxyphène et le tramadol, et des opioïdes forts tels que la morphine et ses dérivés. Les faibles potentialisent l'action des systèmes anti-nociceptifs endogènes au niveau de la moelle en se fixant sur les récepteurs opioïdes, sans les activer (Toncy E.S., 1999 ; Pascoe P. J., 2000). Tandis que les opioïdes forts inhibent la libération de la substance P et renforcent l'action des enképhalines (Lamont L. A., 2002 ; Papich M., 1997 ; Papich M., 2000 ; Toncy E., 1999).

À Madagascar, une enquête menée auprès du centre hospitalier (CHUJRA) a montré que, parmi les 98 patients algiques, la douleur de type nociceptif était la plus rencontrée (Rakotoarisoa R., 2014). Par ailleurs, la majorité de la population africaine n'a pas accès à ces médicaments, et 75% de cette population ont recours à la médecine traditionnelle pour se soigner (Sereme A., 2008). De nombreuses plantes sont utilisées pour soulager la douleur à Madagascar, comme le décocté des feuilles d'*Ageratum Conyzoides* (Bemaimbo, hanitripantsaka) (ASTERACEAE), le décocté des feuilles ou de l'écorce d'*Aphloia theaeformis* (ravimboafotsy, voafotsy) (APHLOIACEAE) qui soulage les douleurs musculaires ; la pâte de fruit de *Capsicum annuum* (sakay ou pilopilo) (SOLANACEAE), en usage externe pour soulager les douleurs articulaires (Nicolas J. P., 2012), le décocté des feuilles de *Terminalia catappa* L. (Antafana) (FABACEAE) est indiqué pour soulager les règles douloureuses (Ranarijaona H., 2012), la pâte de l'écorce de *Cedrelopsis grevei* (katrafay) (MELIACEAE) en application locale soulage les douleurs lors d'une fracture (Debray M., 1971). Aux Comores, les feuilles et les fleurs de *Tithonia diversifolia* sont utilisées pour traiter l'ulcère gastrique, les crampes abdominales et gastriques, les règles douloureuses et les atonies vasculaires. En analysant ces données, l'extrait de ces feuilles pourrait avoir une activité analgésique, et notre objectif a été d'étudier l'activité analgésique centrale potentielle de cet extrait chez la souris.

MATERIELS ET METHODES

Description

La plante utilisée dans ce travail est connue sous le nom vernaculaire de *mfoungongo* aux Comores. C'est un arbuste à rhizome de 1 mètre à 1,80 mètres de hauteur. Ses feuilles sont trilobées et la longueur varie selon la région. Elles sont alternées de façon opposée à l'aisselle de la tige. Les fleurs, ligulées en périphérie et tubuleuse au centre, sont de couleur jaune. Elles sont groupées en une inflorescence terminale solitaire, appelée capitule semblable à une « marguerite », qui prennent naissance à la terminaison d'une feuille simple qui annonce la terminaison de la tige. Elles ont un goût très amer et une forte odeur aromatique (Orwa C., 2009). C'est une espèce envahissante qui s'adapte facilement dans divers milieux. Elle pousse facilement sur un sol humide ou sec, dans les embouchures, les marigots, comme à Ngazidja, dans la ville de Moroni, dans la région de Bambao et aux environs de Vouvouni et Ndrouani où elle envahit les autres plantes avec lesquelles elle cohabite. À Anjouan, elle pousse dans les embouchures et aux alentours des rivières et marigots où elle forme un vrai buisson.

Partie chimique

La sommité de la plante a été récoltée aux Comores, puis séchée à l'ombre et broyée dans notre laboratoire. Cinquante grammes de la poudre obtenue ont ensuite été placés dans un ballon de 500ml contenant 200 ml d'éthanol. Le mélange a été chauffé dans un bain marie maintenu à la température de 100°C, pendant une heure. Une fois refroidie, 50 ml d'éthanol y ont été ajoutés, puis la solution alcoolique a été filtrée, et le filtrat est évaporé à sec à l'aide d'un évaporateur rotatif RV8 V. L'extrait ainsi obtenu a fait l'objet de screening phytochimique (Haddouchi F., 2016) et de tests pharmacologiques.

Partie pharmacologique

L'activité analgésique de l'extrait de la plante *Tithonia diversifolia* a été étudiée en utilisant la méthode tail-flick chez la souris. Pour provoquer la douleur, la queue de l'animal a été immergée dans un bain d'eau chaude maintenu à la température de 50°C. L'activité analgésique de l'extrait a été évaluée par le temps de latence de retrait de la queue de la souris hors de l'eau chaude chez les souris traitées avec l'extrait par rapport à celui des souris témoins (Azadeh S., 2010).

Des souris ont été mises à jeu pendant 12 heures avant le test. Elles ont été réparties en trois lots : un lot témoin, et 2 lots traités avec l'extrait de *Tithonia diversifolia* (Jayanthi M. K., 2012).

Les souris ont été placées une à une dans une boîte de contention, pour l'immobiliser, et 1,5 cm à partir de la partie distale de sa queue a été plongée dans l'eau chaude (Idid S. Z., 1998). Le temps d'immersion maximal de la queue de chaque souris a été fixé à 15 secondes pour éviter des dommages tissulaires (Elhabazi K., 2014). Ensuite, les animaux du lot témoin ont reçu 10 ml/kg d'eau distillée, tandis que les animaux des deux autres lots ont reçu l'extrait de *Tithonia diversifolia* aux doses de 15 et 30 mg/kg dans un volume de 10 ml/Kg. Après 15, 30, 45, 60 et 120 minutes de l'administration de l'eau distillée chez les animaux témoins et de l'extrait chez les animaux des 2 autres lots, les animaux ont été placés de nouveau une à une dans la boîte de contention avec la queue plongée dans l'eau chaude maintenue à 50°C (Idid S. Z., 1998). Le temps de retrait de la queue hors de l'eau chaude a été chronométrée, puis l'inhibition de la douleur a été exprimée en pourcentage et calculée selon la formule :

$$\text{Inhibition de la douleur (\%)} = \frac{T1 - T0}{T2 - T0} \times 100$$

(Idid S. Z., 1998 ; Sook-Ha F., 2014)

avec:

T0 : Temps de réaction avant l'administration des produits (secondes)

T1 : Temps de réaction expérimental après l'administration des produits (secondes),

T2 : Temps maximal de l'immersion de la queue des souris dans l'eau chaude fixé à 15 secondes.

Les résultats ont été exprimés en moyenne \pm écart type réduit ($\bar{m} \pm e.s.m$). Les moyennes ont été comparées entre elles en utilisant le test 't' de Student. La valeur de $P < 0,05$ a été considérée comme significative (Ching F.P., 2009).

RESULTATS

Partie chimique

Le screening phytochimique effectué sur l'extrait des feuilles de *Tithonia diversifolia* révèle la présence de leuco anthocyanes, de tanins, de triterpènes et de Stéroïdes en forte teneur (Tableau I).

Tableau 1 : Les principales familles chimiques présentes dans l'extrait *Tithonia diversifolia*

Groupe chimique	Observations	Conclusions
Leucoanthocyanes	+++	Présence en forte teneur
Triterpènes	+++	Présence en forte teneur
Tanins	+++	Présence en forte teneur
Stéroïdes	+++	Présence en forte teneur

Partie pharmacologique

Temps de retrait de la queue hors de l'eau chaude

L'immersion de la queue de la souris dans l'eau chaude à 50°C provoque une douleur, et la souris réagit à cette douleur en retirant sa queue hors de l'eau chaude. Le temps de retrait de la queue hors de l'eau chaude chez le lot témoin est inférieur à celui des souris traitées avec l'extrait. Pendant les différents temps d'observation: 15, 30, 45, 60 et 120 mn après l'administration de l'eau distillée, le temps de retrait de la queue hors de l'eau chaude reste constante chez les souris du lot témoin, tandis qu'il augmente chez les souris traitées avec l'extrait de *Tithonia diversifolia* aux doses de 15 et 30 mg/kg, et il est maximal à la 45^{ème} minute (Tableau II), où les animaux témoins retirent leur queue au bout de $1,34 \pm 0,28$ secondes, contre $2,5 \pm 0,5$ et $12,25 \pm 2,25$ secondes pour les animaux traités avec l'extrait de *Tithonia diversifolia* aux doses de 15 et 30 mg/kg ($P < 0,05$). Ces résultats montrent que l'extrait de *Tithonia diversifolia* inhibe la sensation de douleur provoquée par l'eau chaude appliquée au niveau de la queue des souris.

Tableau 2 : Temps de latence de retrait de la queue des animaux témoins et traités avec l'extrait de *Tithonia diversifolia*, administré par voie orale.

Temps d'observation (min) / Doses (mg/kg)	15	30	45	60	120
	0	$1,33 \pm 0,24$	$1,30 \pm 0,05$	$1,34 \pm 0,28$	$1,20 \pm 0,21$
15	$2,5 \pm 0,5^*$	$2,10 \pm 0,10^*$	$2,5 \pm 0,50^*$	$1,75 \pm 0,37$ NS	$1,25 \pm 0,37$ NS
30	$1,75 \pm 0,37^*$	$2,75 \pm 0,37^*$	$12,25 \pm 2,25^*$	$7,25 \pm 0,75^*$	$2,25 \pm 0,87^*$

* : $P < 0,05$ par rapport au témoin

NS : différence non significative par rapport au témoin

Inhibition de la sensation de la douleur

Administré par voie orale, l'extrait des feuilles de *Tithonia diversifolia* inhibe la sensation de douleur chez la souris. Cette inhibition augmente avec la dose administrée, et elle est maximale 45 minutes après l'administration. Du début jusqu'à la fin de l'observation, les animaux du lot témoin ressentent la douleur à 100%, tandis que 45 minutes après l'administration de l'extrait, la sensation douloureuse est inhibée à 4,6% chez les souris traitées avec l'extrait de *Tithonia diversifolia* à la dose de 15mg/kg et inhibée à 38,08% chez les animaux traités avec l'extrait de *Tithonia diversifolia* à la dose de 30 mg/kg ($P < 0,05$) (Figure 1). Il en déduit que l'extrait de *Tithonia diversifolia* possède une action analgésique central.

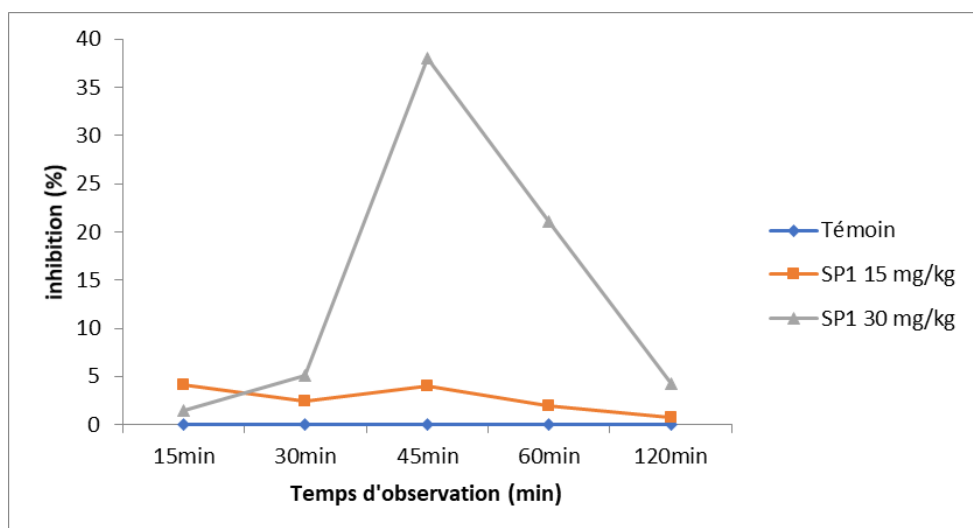


Figure 1 : Variation de l'inhibition de la perception de la douleur chez les souris témoins et traitées avec l'extrait de *Tithonia diversifolia*, administré par voie orale aux doses de 15 mg/kg et 30 mg/kg ($\bar{m} \pm s.e.m$, $n = 5$, $P < 0,05$)

DISCUSSION

Notre objectif a été d'étudier l'action de l'extrait de *Tithonia diversifolia* sur la douleur chez la souris. Pour ce faire, un stimulus thermique a été appliqué au niveau de la queue de l'animal, car cette méthode permet d'évaluer l'action analgésique centrale d'un produit. Il est en effet connu que les stimuli thermiques sont sélectivement inhibés par les analgésiques centraux et non par les analgésiques périphériques (Vicklicky L., 1979). D'après les résultats obtenus, l'extrait de *Tithonia diversifolia* diminue la perception de la douleur provoquée par le stimulus thermique appliquée au niveau de la queue des souris. Ceci se traduit par l'augmentation du temps de retrait de la queue hors de l'eau chaude.

Des recherches ultérieures effectuées par Chattopadhyay et ses collaborateurs (2003) qui ont étudié l'effet analgésique central de l'extrait des feuilles de *Malloatus* (Geist) et de *Muell* (Arg), et Nsemi F.M. (2010) qui a travaillé sur l'extrait de feuilles de *Stevia rebaudiana* ont montré que des triterpénoïdes et des composés phénoliques déprimerait le système nerveux central. Il en déduit que des molécules appartenant à ces deux familles chimiques présentes dans l'extrait pourraient être responsable de cette activité centrale de l'extrait de *Tithonia diversifolia*. Par ailleurs, Meena K. et ses collaborateurs (2011), en étudiant l'activité analgésique de l'extrait hydroalcoolique de *Kaempferia galanga*, en utilisant la même méthode, ont trouvé les mêmes résultats que nous. Ces auteurs ont aussi conclu que cet extrait possède une action analgésique centrale. Et ils ont attribué cette activité aux composés phénoliques contenus dans l'extrait. En s'appuyant sur ces résultats, nous pouvons avancer une hypothèse pourrait être avancé que l'extrait de *Tithonia diversifolia* posséderait une activité analgésique centrale, et cette activité pourrait être due à la présence des composés phénoliques ou terpénoïdes, qui dépriment le système nerveux central. Le glutamate, un neurotransmetteur excitateurs qui permet la propagation du message nerveux douloureux jusqu'au cerveau et permettent ainsi de sentir à la sensation de douleur et remet à l'état de conscience pour devenir consciente (Brooks J. et Tracey I., 2005).

CONCLUSION

L'extrait des feuilles de *Tithonia diversifolia* inhibe la sensation de douleur provoquée par l'eau chaude appliquée au niveau de la queue des souris. Nous en concluons qu'il possède une action analgésique centrale. Cette activité pourrait être attribuée aux terpénoïdes et/ou composés phénoliques qu'il contient. Les résultats obtenus lors de cette étude confirment l'efficacité de la tisane préparée à partir des feuilles de cette plante contre les douleurs abdominales et gastriques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) Azadeh S., Surash R., Sharif M.M. (2010). The evaluation of antinociceptive activity of alkaloid, methanolic, and aqueous extracts of Malaysian *Mitragyna speciosa* leaves in rats. *Pharmacognosy Res.*, 2(3) : 181-185.
- 2) Brooks J., Tracey I. (2005). Pain Tract, From nociception to pain perception: imaging the spinal and supra spinal pathways. *J. Anat.*, 27 : 19 - 33.
- 3) Chattopadhyay D, Arunachalam G, Mandal SC, Bhadra R, Mandal AB (2003). CNS activity of the methanol extract of *Malloatus* (Geist) *Muell* (Arg.) Leaf : an ethnomedicine of Onge. *J. Ethnopharmacol.*, 85 : 99–105.

- 4) Ching F.P., Abiodun F., Omogbai E.K.I., Okpo S.O., Choudhary M.I., Ozolua R.I. (2009). Evaluation of analgesic and anti-inflammatory compound from *Stereosprum kunthianuim* (Bignoniaceae). *Int.J.Pharm.Clin.Res.*, 4(1) : 78-81.
- 5) Debray M. (1971). Contribution à l'inventaire des plantes médicinales du sud-ouest de Madagascar. Office de la recherche scientifique et outre-mer, Paris, 15-24.
- 6) Debril J. (2013). Evaluation de la douleur : enjeux et méthodes. Edition DUSP, Paris, 1-3.
- 7) Elhabazi K., Ilien B., Simonin F., Ayachi S. (2014). Assessment of Morphine-induced Hyperalgesia and Analgesic tolerance in Mice Using thermal and Mechanical Nociceptive Modalities. *J.Vis. Exp.*, 89 : 51- 64.
- 8) Fonzo-Christe C. (2006). Les analgésiques. *Rev Faculté de Pharmacie* (Genève), 2 : 1-7.
- 9) Guirmand F. (2003). Physiologie de la douleur : données récentes. *Rev.Serv Anesth.Reanim.*, 24 (7) : 401-407.
- 10) Haddouchi F., Chaouche T.M., Halla N. (2016). Screening phytochimique, activités antioxydantes et pouvoir hémolytique de quatre plantes sahariennes d'Algérie. *Lavoisier Phytothérapie* 10.1007/s10298-016-1086-8
- 11) Hostettman K. (2012). Les plantes médicinales dans l'Art et l'Histoire. Ed Roger DACOSTA, Paris, 17-21.
- 12) Idid S.Z., Saad L.B., Yacoob H., Shamimi M.M. (1998). Evaluation of analgesia induced by mitragynine, morphine and paracetamol in mice. *Rev. Biodiv.Envir.Conserv.*, 4 :1-7.
- 13) Jayanthi M.K., Jyoti M.B. (2012). Experimental animal studies on analgesic and antinoceptive activity of *Allium sativum* (Garlic) powder. *Ind.J.Res.Med.Sci.*, 2 (1) : 23-30.
- 14) Nicolas J. P. (2012). Plantes médicinales du Nord de Madagascar. *Ethnobotanique Antakarana et information scientifiques*. Ed. Ambozotany, Fianarantsoa, 23-47.
- 15) Nsemi F.M. (2010). Identification de polyphénols, évaluation de leur activité antioxydante et étude de leurs propriétés biologiques. *Biologie végétale*. Université Paul Verlaine - Metz, 213- 219.
- 16) Orwa C., Mutua A., Kindt R., Jamnadass R., Simons A. (2009). *Agroforestry Database: a tree reference and selection guide*. Ed. World Agroforestry, Kenya, 4th edition, 27-30.
- 17) Rakotoarison R.C.N., Razakanaivo M., Hasiniatsy N.R.E., Rakoto Ratsimba H.N., Razafimahandry H.J.C., Raveloson N.E. (2014). Douleur à l'Hôpital

Universitaire Joseph Ravoahangy Andrianavalona. *Revue Tropicale de chirurgie*, 8 :22-23.

- 18) Ranarijaona H. L. T., Tsitomotra A., Ravoniarisoa J. B., Andrianasetra G. S. (2012). Les plantes magiques traditionnelles les plus réputées des femmes de la ville de Mahajanga, *Revue Tela botanica*10-11.
- 19) Sambath K., Asok K., Venkateswara M. (2011). Activités de l'extrait d'éthanol de *Scutia myrtina* (EESM) (RHAMNACEAE) chez les souris albinos suisses. *J. Med. Plantes Res.*, 1-9.
- 20) Sereme A, Millogo-Rasolodimby J., Guinko S., Nacro M. (2008). Propriétés thérapeutiques des plantes à tanins du Burkina Faso Pharmacopée et Médecine traditionnelle Africaines, *J.soc Ouest Africa* 15 : 41 – 49.
- 21) Scherrer G., Kaimamachi N., Cao Y-Q., Contet C., Mennicken F., O'Donnell D., Kieffer B.L., Basbaum A.I. (2009). Dissociation of the Opioid Receptor Mechanisms that Control Mechanical and Heat Pain. *Cell*, 137 (6) : 1148-1159.
- 22) Sook-Ha F., Noraisah A.A., Dayang F.B. (2014). Evaluation de l'activité analgésique de l'extrait de méthanol à partir des galles de *Quercus infectoria* (Olivier) chez le rat. Evidence-Based médecine complémentaire et alternative. *Pud Med*, 1-9.
- 23) Vicklicky L. (1979).Techniques for the study of pain in animals. Ed. *Advances in pain research and therapy* (New York), 727 - 745.

ETUDE ECOLOGIQUE DES BRYOPHYTES DANS LA FORET DE MAROMIZAHA-REGION D'ALAOTRA-MANGORO

par

ANDRIAMANANTENA Ainazo H.^(1,2,3), ANDRIAMANANTENA Fenozo H.^(1,2,3),
ANDRIAMANANTENA Zolalaina^(1,2,3), RANARIJAONA Hery Lisy Tiana⁽²⁾

(1) Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement, Université de Mahajanga, Madagascar

(2) Ecole Doctorale Ecosystèmes Naturels, Université de Mahajanga, Madagascar

(3) Institut Universitaire de Technologies et d'Agronomie de Mahajanga, Université de Mahajanga, Madagascar

RESUME

A Madagascar, des inventaires et études taxonomiques sur les Bryophytes ont été déjà entamés par quelques chercheurs, pourtant celles-ci sont encore considérées comme des plantes mal connues dans la grande île, au vu de la superficie, de la diversité de ses milieux tropicaux et de son statut de hotspots de biodiversité. Les bryophytes, qui sont des bioindicateurs des milieux, sont des plantes non vasculaires de petite taille, colonisant la plupart des milieux terrestres et aquatiques à l'exception du milieu marin. Dans cette recherche, les objectifs sont d'étudier les Bryophytes présentes et de déterminer la répartition écologique des peuplements bryologiques en milieu forestier suivant les différents microhabitats le long des gradients altitudinaux dans la forêt humide de Maromizaha. Le protocole Mov Clim a été adopté pour les relevés écologiques microhabitats-bryophytes consistant à relever des échantillons de bryophytes sur des microhabitats présents dans des milieux qui diffèrent par leur altitude. 51 espèces dont *Radula madagascariensis*, *Bazzania nitida*, *Dumortiera hirsuta* regroupées en 25 genres et 14 familles sont déterminés. Les facteurs écologiques tels que l'altitude, les supports interviennent dans la répartition des bryophytes. D'autres études sur les bryophytes doivent être menées parce qu'elles constituent une grande richesse de biodiversité. D'autres identifications des bryophytes présentes dans la grande Ile peuvent être encore menées. Une exploration plus poussée des sites d'études ou d'autres forêts est nécessaire pour les spécimens de Madagascar.

Mots clés : Bryophytes, écologie, Madagascar, Maromizaha, microhabitats, Mov Clim

ABSTRACT

In Madagascar, inventories and taxonomic studies on Bryophytes have already been started by some researchers, yet they are still considered as plants little known for the big island, given the surface area, the diversity of its environments in tropical and of its status as biodiversity hotspots. Bryophytes, which are environmental bioindicators, are small non-vascular plants, colonizing most terrestrial and aquatic environments except the marine environment. In this research, the objectives are to study the Bryophytes present and to determine the ecological distribution of bryological stands in the forest environment according to the different microhabitats along the altitudinal gradients in the humid forest of Maromizaha. The Mov Clim protocol has been adapted for microhabitat-bryophyte ecological surveys consisting in taking samples of bryophytes on microhabitats present in environments that differ in their altitude. 51 species including *Radula madagascariensis*, *Bazzania nitida*, *Dumortiera hirsuta* grouped into 25 genera and 14 families are determined. Ecological factors such as altitude, supports are involved in the distribution of bryophytes. Other studies on bryophytes must be carried out because they constitute a great wealth of biodiversity. Other identifications of the bryophytes present in the Big Island can still be carried out. Further exploration of study sites or other forests is necessary for specimens from Madagascar.

Key words : Bryophytes, ecology, Madagascar, Maromizaha, microhabitat, Mov Clim

INTRODUCTION

Madagascar est un pays insulaire situé dans l'Océan Indien, séparé de la côte sud-est de l'Afrique par le canal du Mozambique. Avec sa superficie de 587 000 Km², Madagascar est la quatrième plus grande île du Monde (Allorge, 2007). Les îles de l'Océan Indien occidental (Madagascar, Comores, Mascareignes et Seychelles) sont des hot-spots de biodiversité bien connus (Myers *et al.*, 2000; Moore, 2009). Les plantes et les animaux de Madagascar sont remarquables par leur extraordinaire diversité et leur exceptionnel niveau d'endémisme.

A Madagascar, 14 000 espèces d'angiospermes, soit 5,3% de la flore mondiale ont été recensées (Gautier et Goodman, 2009) avec un taux d'endémisme de 85 %. La flore ptéridophytique malagasy est également très riche, avec 586 espèces (soit 4,4 % des 13 500 espèces mondiales de fougères et lycophytes) dont 256 endémiques, soit un taux de 47,3 % (Rakotondrainibe, 2009).

De nombreux travaux systématiques et écologiques ont été réalisés sur les fougères et les angiospermes (Gautier et Goodman, 2009), par contre les bryophytes *sensu-lato* malagasy sont mal connues et peu de recherches ont été faites à

Madagascar en particulier sur certaines lignées comme les hépatiques (Marchantiophyta) et les anthocérotes (Anthocerotophyta).

Dans les classifications traditionnelles, avant la systématique phylogénétique, les bryophytes (du grec *bryon* : mousse et *phuton* : plante) comprenaient les mousses, les hépatiques et les anthocérotes. Les études phylogénétiques portant sur les relations basales des Embryophytes tendent à montrer que les premiers phylums à émerger sont successivement les hépatiques (Embranchement des Marchantiophyta), les anthocérotes (Embranchement des Anthocerotophyta) et les mousses (Embranchement des Bryophyta). On emploiera le terme bryophytes *s.l.* (*sensu-lato*) pour qualifier ce grade des trois lignées (Nabors, 2008).

Les bryophytes *sensu-lato* sont considérées comme des plantes non vasculaires car elles sont dépourvues de réels faisceaux conducteurs comme le xylème et le phloème. Elles ne possèdent pas de racines. A la place des racines, elles portent des rhizoïdes servant principalement à l'ancrage.

Des espèces de bryophytes *sensu-lato* sont des indicatrices des milieux aquatiques (Ah-Peng et Rausch de Trautenberg, 2005) et des milieux terrestres (Gombert *et al.*, 2004 ; Leblond *et al.*, 2004) pour les polluants micro-organiques et métalliques.

Dans cette recherche, les objectifs sont d'étudier les Bryophytes présentes à Maromizaha et de déterminer la répartition écologique des peuplements bryologiques en milieu forestier suivant les différents microhabitats le long des gradients altitudinaux dans la forêt humide de Maromizaha. Le protocole Mov Clim a été adapté pour les relevés écologiques microhabitats-bryophytes. La forêt de Maromizaha a été choisie pour l'exploration des bryophytes *sensu-lato* malagasy.

MATERIELS ET METHODES

Matériels

Site d'étude

La forêt de Maromizaha, gérée par l'association GERP (Groupe d'Etude et de Recherche sur les Primates de Madagascar) depuis mars 2008 avec la collaboration du Ministère des Eaux et Forêts et du Tourisme (MEFT) se trouve à 140 km à l'Est d'Antananarivo et à 225 km de Toamasina entre les longitudes 48°26'E et 48°31'E et les latitudes 18°57'S et 19°00'S (Figure 1). Elle fait partie du corridor d'Ankeniheny Zahamena qui est une priorité pour la conservation de la biodiversité malagasy. Ce corridor forestier favorise le brassage génétique entre les animaux de deux blocs forestiers et/ou la régénération naturelle des plantes (Roger et Randimbison, 2006). Maromizaha constitue un 5^{ème} élément de la mosaïque

Analamazaotra – Mantadia – Vohimana – Vohidrazana. Étant située dans la partie Sud-Est de la zone d’Andasibe, à 6,5 km de la Réserve Spéciale d’Analamazaotra (Manesimanana, 2007), la forêt de Maromizaha s’étend sur une superficie de 1 880,08 ha. Elle est rattachée à la Région d’Alaotra-Mangoro, dans le District de Moramanga, au sein de la Commune Rurale d’Andasibe, du Fokontany de Morafeno et dans le village d’Anevoka. Elle est longée par trois réserves forestières: Analamazaotra au Nord-Ouest, Vohimana au Nord-Est et Vohidrazana au Sud. Elle est limitée au Nord par la RN2, à l’Est par les chaînes de Befody, à l’Ouest par la rivière Maromizaha (Randrianambinina et Rasoloharijaona, 2006). Elle atteint une altitude de 896 à 1 213 m (Maromizaha Ouest) et de 1 103 à 1 187 m (Maromizaha Est) (GERP, 2008).

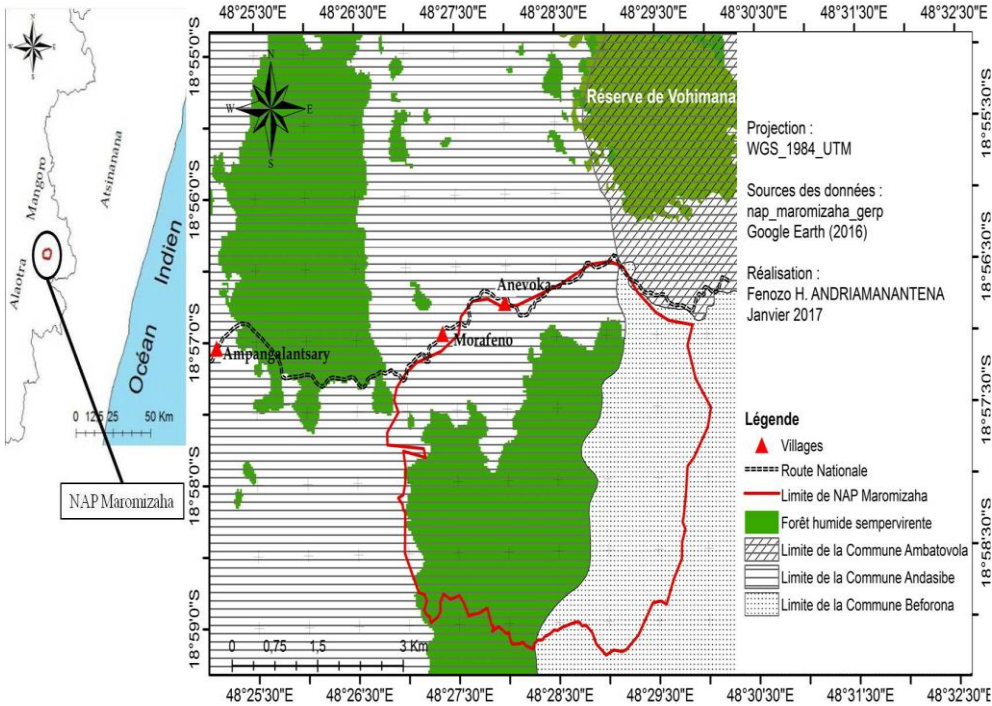


Figure 1 : Localisation de la forêt de Maromizaha

Matériels biologiques

Les spécimens utilisés comprennent les collections récoltées au cours de la prospection.

Spécimens collectés obtenus au cours de l’étude : Deux groupes de bryophytes qui sont les Marchantiophyta et les Anthocerotophyta ont été étudiés.

Méthodes d'étude

Études préliminaires

Les études préliminaires s'avèrent nécessaires afin d'obtenir des informations sur les lieux d'études et les groupes à étudier.

Avant la descente sur terrain, des études bibliographiques ont été réalisées afin d'acquérir le maximum d'informations et de connaissances sur le groupe et le site cible, ainsi que sur les méthodes à appliquer lors des travaux sur terrain. Des ouvrages et documents ont été consultés. Cette documentation préalable facilitera beaucoup les travaux de terrain et fournira des indications sur les méthodes de recherche à appliquer (Ah-Peng, 2007).

Choix de site d'étude

La forêt de Maromizaha a fait l'objet de cette étude. Elle se trouve dans la partie Est de Madagascar, caractérisée par des forêts denses humides sempervirentes et des formations forestières d'altitudes.

Ce milieu forestier a été choisi vu que la partie orientale de Madagascar est une zone pluvieuse, favorable aux groupes des bryophytes et une zone montagnarde formée par des forêts primaires.

Inventaire

Des prospections ont été effectuées dans le site d'étude. Au cours de ces prospections, un inventaire des plantes appartenant au groupe des Bryophytes a été fait. Des échantillons ont été collectés. Ils sont numérotés et mis en herbier.

Méthodes de collecte et d'étude des échantillons

Afin d'atteindre nos objectifs, différentes méthodes ont été adoptées.

Afin d'obtenir une bryodiversité aussi complète que possible, nous avons identifié un maximum de supports susceptibles d'accueillir ces espèces. Ces supports appartiennent à deux grands groupes de compartiments écologiques :

- le support minéral c'est-à-dire sur les rochers ;
- le support végétal quel que soit sa nature et son état de dégradation c'est-à-dire les arbres vivants et les bois pourris

Tous les microhabitats appartenant à ces compartiments écologiques et accueillant les bryophytes ont été explorés. Après la description des microhabitats, des échantillons ont été prélevés à l'aide d'un couteau. Pour chaque échantillon, toute la population n'a pas été prélevée, on a laissé des thalles pour la régénération.

Relevés écologiques : Quadrat par protocole Mov Clim

Il est à noter que l'observation des bryophytes se faisait à une échelle différente des plantes vasculaires. De ce fait, nous avons adopté la méthode d'Ah-Peng (2007) pour les relevés écologiques microhabitats-bryophytes. Le protocole Mov Clim a été appliqué pour l'étude écologique des bryophytes le long des gradients altitudinaux et consiste à relever des échantillons de bryophytes sur des microhabitats présents dans des milieux qui diffèrent par leur altitude.

Méthodes d'analyses statistiques

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une méthode statistique exploratoire permettant une description essentiellement graphique de l'information contenue dans de grands tableaux de données. C'est aussi une méthode de structuration et de synthèse de données quantitatives. Elle permet de présenter un résumé descriptif, accompagné de représentations graphiques, d'un ensemble d'observations mesurées sur un ensemble de variables quantitatives (Baccini, 2010). Cette méthode a été utilisée pour décrire et visualiser les informations contenues dans un tableau de données à n individus (objets) et qui ont été évaluées en fonction de p variables (attributs ou caractéristiques) : Formation végétale (FV), Ouverture de la canopée (OC), Altitude (Alt), Topographie (Top), Distance par rapport au cours d'eau (DCE) et Nature du support (NS).

RESULTATS

Liste floristique de Maromizaha

Notre étude se focalise sur les groupes des Marchantiophyta et des Anthocerotophyta.

Les hépatiques (Marchantiophyta) sont représentées par deux classes Marchantiopsida et Jungermanniopsida.

La classe des Marchantiopsida comprend l'ordre des Marchantiales qui est divisé en deux familles : *Dumortieraceae* et *Marchantiaceae* dont chacune est composée d'une espèce.

La classe des Jungermanniopsida comprend notamment quatre ordres : Pallaviciniales, Metzgeriales, Porellales et Jungermanniales. L'ordre des Pallaviciniales présente une famille *Pallaviciniaceae* composée de deux espèces. L'ordre des Metzgeriales présente deux familles : *Aneuraceae* possédant cinq espèces et *Metzgeriaceae* avec une espèce. L'ordre des Porellales se caractérise par quatre familles : *Frullaniaceae* composée de quatorze espèces, *Lejeuneaceae* composée de trente-deux espèces, *Porellaceae* composée d'une espèce et

Radulaceae composée de six espèces. L'ordre des Jungermanniales présente quatre familles : *Calypogeiaceae* composée d'une espèce, *Cephaloziaceae* composée d'une espèce, *Lepidoziaceae* composée de trois espèces, *Plagiochilaceae* composée de onze espèces.

Les anthocérotes (Anthocerotophyta) sont représentés par une classe Anthocerotopsida composée d'un ordre Anthocerotales qui comprend une famille *Anthocerotaceae* à laquelle appartient l'espèce *Folioceros fuciformis*.

Facteurs prépondérants à la répartition des bryophytes

La figure suivante donne l'évaluation de la préférence écologique des bryophytes par rapport aux différentes variables prélevées : Formation végétale (FV), Ouverture de la canopée (OC), Altitude (Alt), Topographie (Top), Distance par rapport au cours d'eau (DEC), Nature du support (NS) durant l'investigation biologique effectuée dans la station forestière de Maromizaha.

En principe, les points les plus intéressants sont généralement ceux qui sont assez proches d'un des axes, et assez loin de l'origine. Deux variables sont corrélées positivement si l'une est proche de l'autre en formant un angle aigu. Les variables symétriques par rapport à l'axe (point 0) sont corrélées négativement. Aucune corrélation ne se trouve entre les deux variables perpendiculaires. Mais, les points situés près du centre sont donc généralement mal représentés par le plan factoriel F1 et F2. Il est de même pour la projection des individus dans le plan factoriel F1 et F2.

Dans la figure 2, nous n'observons ici que le deuxième facteur figurant 21,81% d'informations (axe vertical). La variable ouverture de la canopée est négativement corrélée par rapport à cet axe et aussi avec la variable formation végétale. Pour le premier facteur, toutes les variables sont négativement corrélées à cet axe sauf l'ouverture de la canopée. Cette dernière est en relation positive avec F1 mais relativement très faible. La distance par rapport au cours d'eau, l'altitude et aussi la formation végétale sont les variables les plus proches de cet axe (horizontal). Par contre, les variables topographie et nature du support peuvent être figurées par des autres facteurs qui ne sont pas présentés dans ce plan factoriel.

Projection des variables sur le plan factoriel F1 et F2

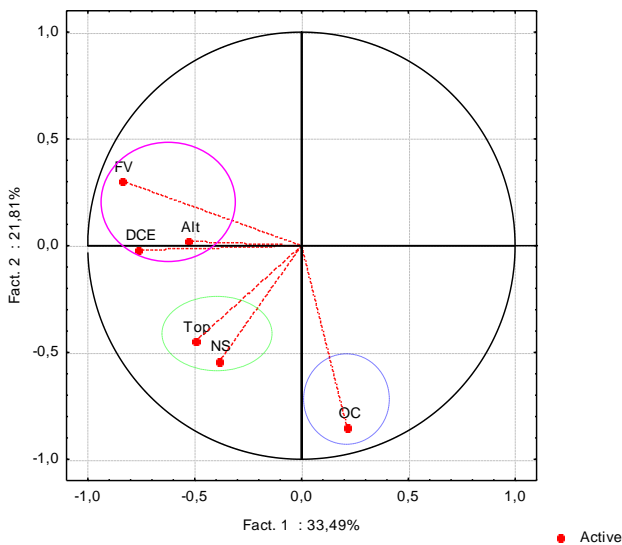


Figure 2 : Représentation des variables sur le plan factoriel F1 et F2 ¹

Projection des individus. sur le plan factoriel F1 et F2

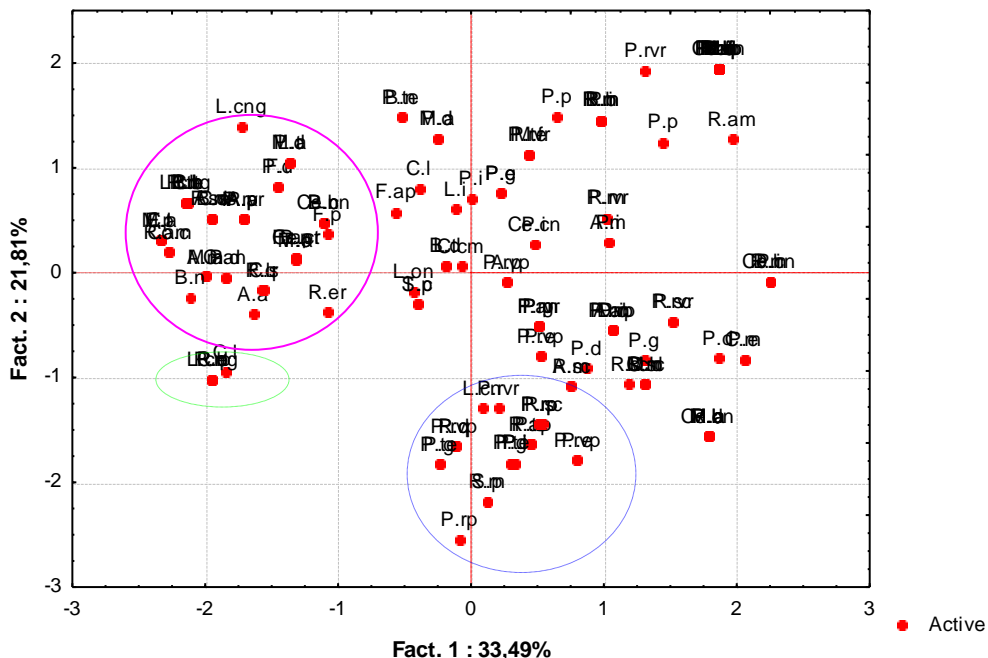


Figure 3 : Représentation des individus sur le plan factoriel F1 et F2

¹ Signification des Variables : FV = Formation végétale, OC = Ouverture de la canopée, Alt = Altitude (en m), Top = Topographie, DCE = Distance par rapport au cours d'eau et NS = Nature du support.

Dans la figure 3, pour l'axe F1, les espèces *Bazzania nitida*, *Bazzania decrescens*, *Frullania serrata var serrata*, *Acanthocoleus madagascariensis* et *Cololejeunea saltuum* sont fortement corrélées avec cet axe. Ces espèces exigent des facteurs écologiques en particulier, à savoir la formation végétale qui peut être primaire ou secondaire, la distance par rapport au cours d'eau et aussi l'altitude. Ce sont des espèces typiques et caractéristiques de milieu humide de moyenne altitude. Le bois mort en décomposition et le tronc de grands arbres de 0 à 0,5 cm du haut sont les principaux supports de ces espèces. Les espèces *Frullania purpurea*, *Symphyogyna podophylla* et *Plagiochila repanda* sont parfaitement corrélées avec le second axe, mais dans la partie négative. Ce qui correspond à la variable ouverture de la canopée qui peut être ouverte ou fermée. Le tronc d'arbre plus de 0,5 cm de haut est le support des individus. Certaines espèces sont présentes sur le substrat rocheux au bord du cours d'eaux de la basse altitude. Il s'agit entre autre de *Radula madagascariensis*, *Plagiochila repanda var repanda*, *Plagiochila pectinata*, *Cololejeunea saltuum* et *Calypogeia microstipula*. Les variables formation végétale, distance par rapport au cours d'eau et l'ouverture de la canopée sont donc les plus représentatives de ces individus de Bryophytes dans la station forestière de Maromizaha.

DISCUSSION

Sur la méthodologie

Selon Pharo et *al.* (1999) et Mishler (2001), les bryophytes sont le groupe le plus diversifié des plantes terrestres après les plantes à fleurs, mais en raison de la difficulté sur l'identification et le manque de littérature sur les régions tropicales, ils ont rarement été inclus dans les enquêtes sur la biodiversité. L'affirmation de ces deux auteurs est confirmée pour le cas de Madagascar. Les bryophytes malagasy restent mal connues et peu de recherches ont été menées malgré leur rôle de bioindicatrices des équilibres des écosystèmes et des pollutions (polluants micro-organiques et métalliques) (Ah-Peng et Rausch de Trautenberg 2005; Gombert et *al.*, 2004; Leblond et *al.*, 2004). Toutes ces raisons nous ont poussées à continuer davantage la recherche sur la systématique et l'écologie des bryophytes malagasy dans des zones précises.

Dans le cadre de cette recherche, la forêt orientale de l'Est de Madagascar qui est la forêt de Maromizaha était le site d'étude que nous avons choisi pour réaliser notre mission de terrain sur l'exploration bryophytique. Le choix de ce site d'étude a été fait en fonction de leur état de conservation comme la forêt de Maromizaha gérée par GERP, de leur accessibilité, de leur topographie afin de mettre en pratique le protocole de recherche.

La méthode d'inventaire floristique et de relevé écologique des bryophytes le long des gradients altitudinaux suit le protocole Mov Clim (Ah-Peng, 2007). Il prend en compte le support, la position topographique et le contexte microstationnel. Ce protocole nous a permis de répondre et d'atteindre nos objectifs dans le but d'étudier et de définir les microhabitats propres ainsi que la répartition écologique des bryophytes le long des gradients altitudinaux.

Pendant la prospection sur le terrain, les deux groupes qui composent les bryophytes sensu-lato dont l'embranchement des Marchantiophyta comprenant les hépatiques à thalle et les hépatiques à feuille et l'embranchement des Anthocerotophyta comprenant les anthocérotes sont prises en considération ainsi que les deux compartiments écologiques qui sont le support minéral et le support végétal.

Afin d'analyser les données écologiques obtenues et d'établir la préférence écologique des bryophytes suivant les différents microhabitats, nous avons eu recours à une méthode d'analyse statistique, qui est l'Analyse en Composantes Principales (ou ACP). A partir de cette méthode (ACP), les relations entre individus et variables ont été démontrées.

Diversité bryophytique de Maromizaha

Les résultats issus des inventaires bryophytiques donnent une idée de la richesse spécifique dans le site d'étude. Pour la forêt de Maromizaha, 51 espèces regroupées en 25 genres et 14 familles sont présentes. Parmi les familles, on peut distinguer cinq familles d'hépatiques à thalle, huit familles d'hépatiques à feuille et une famille d'anthocérotes. Les espèces caractéristiques sont *Plagiochila drepanophylla*, *Mastigolejeunea auriculata*, *Plagiochila repanda var repanda*, *Plagiochila repanda var perrotana*, *Radula madagascariensis* et *Bazzania nitida*. Dans cette recherche, une espèce d'anthocérotes non citées dans la checklist de Madagascar mais qui a été trouvée dans la réserve spéciale de Vohimana en 2011 lors d'une mission bryophytique sur les hépatiques à thalle et anthocérotes (Andriamanantena, 2012) était l'unique espèce d'anthocérotes rencontrée à Maromizaha. Il s'agit de *Folioceros fuciformis* Mont qui est un nouveau genre et une nouvelle espèce découverte pour Madagascar. On constate que *Folioceros fuciformis* Mont est la moins distribuée en Afrique (Wigginton, 2009).

La famille des *Lejeuneaceae* suivie de celle des *Plagiochilaceae* étaient les familles les plus riches en espèces dans les compartiments écologiques et étaient présentes tout le long des gradients altitudinaux. Ce résultat justifie l'affirmation de Gradstein et al. (2003) disant que *Lejeuneaceae* est une grande famille essentiellement tropicale. Il en est de même pour *Plagiochilaceae* qui est considérée comme l'une des plus grandes familles d'hépatiques à feuille après *Lejeuneaceae*.

Relation entre microhabitats et espèces

Nos résultats montrent une forte diversité de bryophytes sur les supports prélevés, Cet échantillonnage a été fortement influencé par la présence du microhabitat disponible pour la colonisation des bryophytes. Une succession de compartiments écologiques a été observée le long des gradients altitudinaux où la diversité des bryophytes était dominante sur le support minéral et le support végétal. Ce dernier a fortement contribué à la richesse des espèces dans la forêt. Ces résultats sont confirmés par Ah-Peng (2007) que les Bryophytes sont des composantes importantes des forêts tropicales, en termes de diversité des espèces et d'abondance sur les différents supports et à différentes hauteurs de ces supports.

En comparant les relevés bryophytiques des bords de cours d'eau et ceux des forêts, nous avons obtenu que la forêt présente plus de richesse spécifique en bryophytes et une grande diversité de microhabitats. Nous remarquons qu'il y a un lien étroit entre la diversité des espèces, le nombre et la nature des microhabitats disponibles. Les conditions humides et ombragées des forêts tropicales favorisent aussi la richesse en bryoflore, c'est le cas de la forêt de Maromizaha. La richesse bryophytique est fortement dépendante de microhabitats disponibles et diversifiés comme nous l'avons montré dans notre site d'étude.

Du fait de leur capacité à occuper et à exploiter d'innombrables microhabitats, les aires de répartition des bryophytes *s-l* sont beaucoup plus larges que celle des angiospermes (Ah Peng, 2007). Nos échantillons étaient prélevés sur différents microhabitats. Chaque compartiment écologique se diffère par les espèces qui leur caractérisent. Des espèces thalloïdes et à feuilles telles que *Dumortiera hirsuta*, *Marchantia debilis*, *Symphyogyna podophylla*, *Riccardia amazonica*, n'étaient présentes que sur des rochers (support minéral); ce sont des espèces dites rupicoles. *Aneura pseudopinguis*, *Bazzania decrescens*, *Plagiochila drepanophylla*, *Radula boryana* font partie des espèces identifiées qui colonisent à la fois les bois morts pourris et les arbres vivants (support végétal), ce sont des espèces dites lignicoles et corticoles.

CONCLUSION

Toutes les bryophytes recensées sont en général des espèces des forêts humides. Il y a les hépatiques (Marchantiophyta) représentées par deux classes : Marchantiopsida et Jungermaniopsida. Pour le cas des Anthocérotes (Anthocerotophyta), ils sont représentés par la classe : Anthocerotopsida dont une espèce *Folioceros fuciformis* Mont a été rencontrée. Les anthocérotes sont donc en faible quantité.

Notre résultat a confirmé que la distribution écologique des espèces de bryophytes est en relation avec différentes variables à savoir l'altitude, la formation végétale du site. Toutefois, la famille des Lejeuneaceae est présente sur tout le long des gradients altitudinaux.

De cette étude, nous avons mis en évidence que la diversité et la distribution des bryophytes étaient fortement liées à la présence et la disponibilité des microhabitats tels que les bois pourris, les roches, les supports végétaux. Parmi les microhabitats, il a été observé que les bois morts ou les bois pourris présentent un panel important d'unités bryologiques spécifiques. Donc, on trouve les différentes espèces de bryophytes en quantité et en qualité sur les bois pourris. Certaines d'entre elles colonisent les troncs d'arbres, retrouvées aux bords des rivières, sur des rochers humides et ombragés. A Madagascar, les espèces de Marchantiales sont plus présentes sur les terres humides et moins sur les blocs.

Les spécimens sont pris soit au bord des cours d'eau soit dans les forêts. La forêt présente plus de richesse spécifique en bryophytes et une grande diversité de microhabitats par rapport aux bords de cours d'eau. La diversité des espèces, le nombre et la nature des microhabitats disponibles et la topographie de la forêt sont étroitement liés. Les conditions humides et ombragées des forêts tropicales favorisent aussi la richesse en bryoflore. Comme la forêt de Maromizaha se trouve dans la partie orientale de Madagascar, les conditions climatiques de ce site d'étude permettent le développement des espèces de bryophytes.

Comme perspectives, même si les bryophytes sont encore méconnues, la préservation de leur écosystème nécessite l'information, la sensibilisation sur les bryophytes ainsi que la mise en place de mesures de conservation et de gestion.

En outre, il est essentiel d'étendre la recherche sur les bryophytes *sensu-lato* dans d'autres formations forestières malagasy. Une étude plus approfondie doit être faite pour chercher les faits écologiques qui interviennent dans leur répartition.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) Ah-Peng, C. & Rausch de Traubenberg, C., (2005) Bryophytes aquatiques bioaccumulateurs de polluants et indicateurs écophysologiques de stress : synthèse bibliographique. *Cryptogamie Bryologie* 25 : 205--248.
- 2) Ah-Peng, C., (2007) Diversité, distribution et biogéographie des bryophytes des coulées de lave du volcan Piton de la Fournaise (La Réunion, France), Université de La Réunion, Saint-Denis. 438p.
- 3) Allorgue, L., (2007). *Plantes de Madagascar*. Les éditions Eugen Ulmer. Paris. 224p.

- 4) Andriamanantena, A.H. (2012). Les hépatiques à thalle et anthocérotes de la réserve de Vohimana (Madagascar) : Diversité, morphologie et anatomie, Université de Mahajanga, Mémoire de Master 2, 52 pages
- 5) Baccini, A. (2010) Statistique Descriptive Multidimensionnelle. Institut de Mathématique de Toulouse, Université de Paul Sabatier. 33 p.
- 6) Gombert, S., C. Rausch de Trautenberg, R. Losno, S. Leblond, J. L. Colin & D. Cossa., (2004) Biomonitoring of element deposition using mosses in the 2000 French survey : identifying sources and spatial trends. *Journal of Atmospheric Chemistry* 49 : 479--502.
- 7) Gautier, L. & Goodman, S., (2009) Introduction à la flore. In: MNHN (Ed.), Paysages naturels et Biodiversité de Madagascar, Paris, France.
- 8) GERP (Groupe d'Etude et de Recherche sur les Primates de Madagascar), (2008). Préservation de la biodiversité de Maromizaha- Rapport non publié. 109p
- 9) Gradstein S.R., Reiner-drehwald M.E. et Schneider H. (2003) A phylogenetic analysis of the genera of *Lejeuneaceae* (Hepaticae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 143: 391-41
- 10) Leblond, S., S. Gombert, J.L. Colin, R. Losno & C. Rausch de Trautenberg., (2004) Biological and temporal variations of trace element concentrations in the moss species *Scleropodium purum* (Hedw.) Limpr. *Journal of Atmospheric Chemistry* 49 : 95--110.
- 11) Manesimana, R.M. (2007). Contribution à l'étude de la biologie, de l'écologie et de l'éthologie de deux rongeurs: *Eliurus tanala* Forsyth (Major, 1896) et *Nesomysrufus* (Peters, 1870) dans la forêt de Maromizaha (Andasibe). Mémoire de D.E.A., Option Ecologie et Environnement, Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo. 81 p.
- 12) Myers, N.; Mittermeir R, R.; Mittermeir, C. G. Da Fonseca, G. A. & Kent, J., (2000) Biodiversity hotspots conservation priorities, *Nature* 403 : 853--858.
- 13) Moore, P., (2009) Tropical forests. Library of Congress
- 14) Nabors, M., (2008) Biologie végétale. Structures, fonctionnement, écologie et biotechnologies. Pearson Education France. 590p.
- 15) Mishler, B.D. (2001). The biology of bryophytes- Bryophytes aren't just small tracheophytes. *American Journal of Botany*, 88, 2129–2131.
- 16) Pocs, T. & Geissler, P., (2002) The bryophytes collected international The Reserve Speciale de Manongarivo, Madagascar. In : L. Gautier & S.M. Goodman (Ed.), Inventaire floristique et faunistique de la Réserve Spéciale de Manongarivo (NW Madagascar), *Boissiera* 59 : 41--76.

- 17) Pharo, E.J., Beattie, A.J. et Binns, D. (1999). Vascular plants Diversity as a surrogate for bryophyte and lichen diversity. *Conservation Biology*, 13, 282–292.
- 18) Rakotondrainibe, F., (2009) Diversité, écologie et distribution de la flore ptéridologique. In: Goodman, S. (Ed.), *Paysages et biodiversité de Madagascar*
- 19) Randrianambinina, B. et Rasoloharijaona, S. (2006). Inventaires des lémuriens nocturnes dans la forêt pluviale de Maromizaha. *Lemur News* #11: 9-12.
- 20) Roger, E. et Radimbison, A. (2006). Typologie des formations végétales du corridor, inventaire et caractérisation écologique des plantes les plus utilisées (cas de Maromizaha). Rapport non publié. 66 p.
- 21) Wigginton, M., (2009) Checklist and distribution of the liverworts and hornworts of sub-Saharan Africa, including the East African Islands (edition 3, January 2009). *Tropical Bryology Research Reports* 8 : 1--114.

EFFET DU COMPOST DE *LEPTADENIA MADAGASCARIENSIS* SUR LA CULTURE DE COURGETTE A EFOETSE

par

RAZAFINDRATSIMANDRESY Holy⁽¹⁾, HERISOA Antoine⁽¹⁾,
MANJOVELO Christian Sambany⁽¹⁾

(1) Institut d'Enseignement Supérieur de Toliara, Université de Toliara, Madagascar

RESUME

Le compostage figure parmi les techniques de l'agriculture biologique. C'est l'un des processus importants dans l'amélioration de la fertilité du sol pour augmenter la production agricole. *Leptadenia madagascariensis* (*L m*) ou « taritarika » est une plante adaptée à la sécheresse de la région sud-ouest de Madagascar, c'est la matière première du compostage. La courgette a été cultivée afin d'améliorer la qualité nutritionnelle de la population locale d'Efoetse.

Le compostage de *Leptadenia madagascariensis* avec de la poudrette de parc et de la terre a été effectué dans une fosse de 1 m³ durant 120 jours. L'analyse du compost mûr obtenu a montré une bonne minéralisation. Il a été appliqué sur la culture en pot de courgette en utilisant quatre traitements : témoin (5,8kg de sol), compost à dose D1 (5,510 kg de sol + 290g de compost) et D2 (5,220kg de sol + 580g de compost) et du fumier (5,220 kg de sol + 580g de fumier de parc) dans le but de comparer leurs effets sur la vigueur et le développement de la plante. La dose D2 a montré un effet significatif sur la vigueur et le développement de la plante, tandis qu'avec le fumier, l'effet est significatif sur la longueur des feuilles et non significatif sur la largeur de celles-ci.

Mots clés : Compostage en fosse, Fertilisation du sol, Minéralisation, Efoetse, Madagascar

ABSTRACT

Composting is one of the techniques of organic farming. This is one of the important processes in improving soil fertility to increase agricultural production. *Leptadenia madagascariensis* (*L m*) is a plant adapted to the drought of the southwestern region of Madagascar, it is the raw material for composting and the

zucchini was cultivated in order to improve the nutritional quality of the local population of Efoetse.

Composting contain *Leptadenia madagascariensis*, manure of park and earth was carried out in a 1 m³ pit for 120 days. The analysis of the mature compost showed a good mineralization. It is applied on the culture in pot of the zucchini, using four treatments: witness (5,8kg of soil), compost in D1 dose (5,510 kg of soil + 290g of compost) and D2 (5,220kg of soil + 580g of compost) and of manure (5,220 kg of soil + 580g of park manure) to compare their effects on the vigor and the development of the plant. The D2 dose showed a meaningful effect on the vigor and the development of the plant. Manure have meaningful on the length of the leaves.

Key words : Composting in pit, Fertilization of soil, Mineralization, Efoetse, Madagascar

INTRODUCTION

L'agriculture biologique est basée sur la fertilisation du sol par l'apport de matières organiques. Celles-ci, en plus de leur rôle de réservoir d'éléments nutritifs, ont un rôle majeur dans la fertilité physique des sols, dans leur aération et leur résistance à la dégradation (Znaïdi, 2002), d'où la nécessité d'utiliser le compost à Efoetse considérant la structure de son sol.

Selon Godden, le compostage est un processus de transformation biologique de matériaux organiques divers. C'est un processus oxydatif qui comprend quatre (4) phases : phase mésophile, phase thermophile, phase de refroidissement et phase de maturation. Les produits formés sont principalement du CO₂ et un produit stabilisé (Godden, 1986). Les déchets organiques de départ sont colonisés, transformés par une succession de différentes populations microbiennes et fongiques. Chacune de ces populations modifie le milieu puis est remplacée par d'autres mieux adaptés à ses nouvelles conditions (Znaïdi, 2002).

Cette étude a pour objectif de valoriser la biomasse locale (*Leptadenia madagascariens* ou *L m*) par l'intermédiaire de son compostage pour fertiliser le sol à Efoetse, de minimiser l'utilisation des engrais chimiques dans la gestion durable de son environnement et de produire des légumes afin d'améliorer la qualité nutritionnelle de la population locale.

Est-ce que cette matière première *Leptadenia madagascariens* peut être compostée ? Le compost obtenu est-il favorable à la culture de courgette dans le site d'étude?

MATERIELS ET METHODES

Présentation de la zone d'étude

La fabrication du compost s'est déroulée dans la Commune Rurale d'Efoetse, Fokontany Efoetse, District de Toliara II, Région Atsimo Andrefana. Efoetse (Figure 1) qui se situe sur la zone littorale, et est connu mondialement par l'existence du Parc National (PN) Tsimanampetsotse qui se localise en grande partie sur le plateau calcaire Mahafaly (Guyot, 2001).

Cette région est semi-aride, avec des températures très élevées qui provoquent une forte évaporation et des précipitations très faibles (précipitations annuelles moyenne 350 mm).

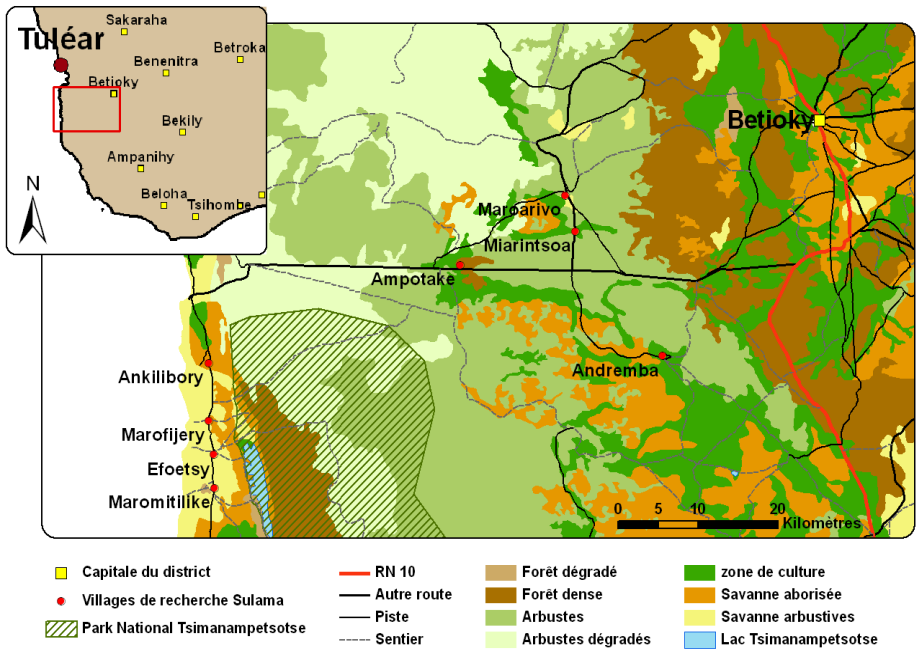


Figure 1 : Situation géographique de la commune rurale d'Efoetse

Technique de fabrication du compost

Choix de l'espèce végétale pour la fabrication du compost

Le *Leptadenia madagascariensis* ou « taritarika » a été la matière première choisie parce qu'il est abondant dans la zone d'étude.

La méthode de compostage

La collecte des matières premières « taritarika » ou *Leptadenia madagascariensis* s'est faite sur place. La méthode de compostage s'est faite en fosse et la réalisation a duré deux jours :

- Le premier jour est destiné à la collecte des matières premières et au creusement de deux trous destinés aux composts et dont le volume est de 1m³ de chaque (Figure 2) et
- Le deuxième jour, pour le remplissage des trous et le début de l'arrosage.



Figure 2 : Trouaison de la compostière

Des branches de bois ont été placées au fond des trous pour assurer l'aération de ces derniers et faciliter la décomposition des matières. Le mode de remplissage a été effectué en « couches ». La première couche était composée de 30cm de «Taritarika» (Figure 3).



Figure 3 : Mise en place des branches de bois et dépôt de la première couche de matière verte

La deuxième couche a été formée de 25kg de poudrette de parc et la troisième couche a été représentée par 10kg à 15kg de terre (Figure 4).



Figure 4 : Ajout de poudrettes de parc (deuxième couche) et troisième couche de terre

Cette opération a été répétée plusieurs fois jusqu'au rebouchage complet de la compostière, le tout a été recouvert par de la paille.

L'arrosage a été fait tous les trois jours avec 40 litres d'eau par trou, excepté les jours de pluie (Figure 5).



Figure 5 : Arrosage et le retournement de compost

Enfin, le retournement du compost a été fait une fois par mois (Figure 5).

Analyse du compost obtenu

Trois prélèvements ont été effectués sur chaque compostière puis ont été analysés auprès du FOFIFA Toliara en tenant compte des paramètres humidité, pH et rapport Carbone/Azote.

Matériel végétal : la courgette

Choix de la courgette

La culture de la courgette a été mise en place parce qu'elle a un cycle court et son fruit est consommé avant maturité. Elle est riche en sels minéraux et en vitamine (Andriamanantsoa, 2017). C'est une plante annuelle de la famille des Cucurbitacées. Deux variétés « vanga-fotsy » et « Laniera » ont été utilisées pour un test de germination afin de sélectionner la variété la plus adaptée aux conditions expérimentales.



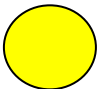







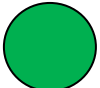





Dispositif expérimental

Quatre (04) traitements répétés quatre (04) fois ont été effectués :

- Pour le témoin : 5,80kg de sol
- Pour le fumier avec dose de 5,220kg de sol + 580g de fumier
- Pour le compost à dose D1 : 5,510kg de sol + 290g de compost
- Pour le compost à dose D2 : 5,220kg de sol + 580g de compost

Le tout a été réalisé dans un seau de 10 litres.

Site d'expérimentation :

Témoin	1 	2 	3 	4 
Compost à dose D1	1 	2 	3 	4 
Compost à dose D2	1 	2 	3 	4 
Fumier	1 	2 	3 	4 

Le semis

Le test de germination est une culture hors sol, c'est-à-dire réalisé dans des pots préalablement préparés 2 jours avant le semis. 3 graines ont été semées par pot, ce qui correspond à 12 plants par traitement (témoin, avec fumier, compost à dose D1, et compost à dose D2).

La fréquence de l'arrosage est deux fois par jour (le matin et à la fin de l'après-midi).

La collecte et le traitement des données

Les mesures effectuées sur la culture de courgette ont porté sur:

- le taux de germination ;
- la hauteur 30 jours après semis.

Les données ont été saisies sur EXCEL puis traitées en utilisant le logiciel XLSTAT 2014 en utilisant l'analyse de la variance (ANOVA) au seuil de 5%.

RESULTATS

Lors de la fabrication du compost

Il a été constaté le développement d'organismes comme les fourmis, les mille-pattes, les blattes, les vers de terre etc. Une hausse de la température a été constatée durant les 2 premières phases du processus (phase mésophile et phase thermophile) et qui, par la suite s'est stabilisée.

Analyse de la composition du compost

Dans chaque fosse, 3 prélèvements d'échantillons ont été effectués. Les résultats de l'analyse du compost sont représentés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Résultat de l'analyse du compost

Sigle	Humidité (%)	pH KCl	C (%)	N (%)	C/N	P (Bray II) (ppm)	K échangeable	CE	CEC (méq/100g)
							méq/100g	µmho/cm	
Ef 1a	13,1	8,22	2,48	0,189	13,1	41,8	0,90	680	5,3
Ef 1b	10,5	8,18	1,68	0,140	12,0	73,3	1,08	725	5,0
Ef 1c	14,8	8,13	2,41	0,168	14,3	82,0	1,46	750	6,5
Ef 2a	10,4	8,16	1,88	0,182	10,3	54,6	1,18	660	6,0
Ef 2b	12,4	8,19	1,88	0,140	13,4	75,3	0,56	860	5,9
Ef 2c	11,8	7,38	2,74	0,210	13,0	74,9	1,21	750	5,4

D'après les résultats de l'analyse, le compost mûr a un taux d'humidité variant de 10 à 14%, le pH varie de 7,38 à 8,22 (il est basique). Le pourcentage de carbone (C) varie de 1,68 à 2,74%. Le taux de pourcentage de l'azote (N) est compris entre 0,14 à 0,21% et le rapport carbone/azote ou C/N est compris de 10 à 14. Le phosphate (P) assimilable est compris entre 41,8 et 82 ppm. Le Potassium (K) échangeable varie de 0,56 à 1,46 meq / 100g. Ainsi, il est apparu que le compost n'est pas déficient en ces éléments.

Test de germination de la courgette

Selon la faculté germinative, 90% des graines de la variété « Vanga-fotsy » ont germé. Par contre, celles de la variété « Laniera » n'ont germé qu'à 16%. La variété « Vanga-fotsy » présente ainsi une faculté de germination plus élevée.

Effet du compost sur la culture de la courgette

Le compost mûr obtenu a été appliqué sur la culture de courgettes en utilisant quatre traitements : témoin (5,8kg du sol), compost à dose D1 (5,510 kg du sol + 290g de compost) et D2 (5,220kg du sol + 580g de compost) et du fumier (5,220 kg du sol + 580g de fumier) dans le but de comparer leurs effets sur la vigueur et le développement de la plante.

Les Tableaux 2 et 3 résument les effets de chaque traitement sur la culture de la courgette.

Tableau 2 : Croissance en hauteur 30 jours après semis

Croissance	Témoin	D1	D2	Fumier
Hauteur (cm)	23,43±0,94	30,11±1,09	36,46±0,66	39,91±0,96

Tableau 3 : Mesure de la croissance en longueur et en largeur des feuilles

Croissance	Témoin	D1	D2	Fumier
Longueur (cm)	13,31±0,55	19,06±0,75	22,50±0,58	20,75±0,96
Largeur (cm)	6,69±1,01	8,50±0,74	10,38±0,63	9,75±0,98

L'application du compost est favorable sur la culture de la courgette. Cela est constaté lors de la levée. Pourtant chaque traitement a sa propre croissance. Mais, c'est le compost à dose D2 qui a montré un effet significatif sur la vigueur et le développement de la plante, tandis qu'avec le fumier, l'effet est significatif sur la longueur et non significatif sur la largeur des feuilles.

DISCUSSIONS

Choix de site

La population de la zone littorale Fokontany d'Efoetse est composée par des paysans peu instruits. En période sèche caractérisée par des précipitations annuelles sont de 350 mm en moyenne) les produits chimiques pour l'entretien des cultures

maraiçhères sont difficilement accessibles. Face à cette situation, la fabrication de compost à partir de la matière locale (« taritarika » ou *Leptadenia madagascariensis*), son utilisation en tant qu'engrais organiques en vue d'améliorer certaines propriétés des sols cultivés, structure et humidité, semble la solution la plus adéquate pour le développement durable des cultures maraiçhères locales à Efoetse.

Processus de compostage et analyse du compost obtenu

Il s'est avéré nécessaire, après l'arrosage de procéder au retournement pour favoriser la décomposition des matières premières afin d'éviter le manque d'eau qui provoque l'apparition du « blanc » (forme résistance des actinomycètes et des champignons) synonyme de ralentissement de l'activité microbiologique (Godden, 1986). En plus, l'aération est essentielle pour apporter l'oxygène indispensable au métabolisme des microorganismes et des champignons du compostage. Ce sont ces flores micro-organiques qui déclenchent le processus de compostage. Une mauvaise ventilation provoque plusieurs conséquences néfastes (Znaïdi, 2002).

Pendant le processus du compostage, quatre retournements ont été réalisés. Durant cette opération, l'apparition des macroorganismes comme des vers de terre, mille-pattes, fourmis, cloportes a été observée. Ces derniers interviennent lorsque que la température est inférieure à 40°C (Zeglels et Masscho, 1999 ; Znaïdi, 2002).

Le pH du compost est basique (7,38 à 8,22), ce qui signifie que le compost n'a pas encore atteint sa phase de maturation. D'après Godden (1986) et Gobat et *al.* (1998), à la fin de cette dernière phase, le pH s'équilibre vers la neutralité.

Le rapport entre carbone et azote ou C/N est compris entre 10 à 14. Cependant, le C/N gamme de sol en matière organique bien décomposée est 8 à 12 (Mémento de l'Agronome, 1991). Ce qui signifie que la matière organique du compost est encore en phase de décomposition.

Adaptation de la courgette

D'après le test de germination, la variété « vanga fotsy » de la courgette qui présente un taux de germination plus élevé. Cependant, la germination est liée aux facteurs extrinsèques tels que l'humidité, la température, l'oxygène et la lumière (Tayeb A., 1995). En effet, durant la période de culture de courgette, la pluie a été moins abondante malgré la chaleur. Il apparaît que cette variété s'adapte aux conditions du milieu de la Région Sud-Ouest par rapport à la variété « laniera ».

Du point de vue technique culturale, la plantation de la courgette n'est pas difficile à réaliser. L'eau est un élément essentiel pour les cultures maraiçhères, étant donné que plus de 80% de leur poids est constitué par l'eau. Elle demande des entretiens comme le sarclage et l'arrosage.

CONCLUSION

Le compost peut être utilisé pour amender les sols cultivés à Efoetse. De plus, c'est un produit facilement dégradable par la faune et la flore du sol et donc facile à utiliser par la plante. Ainsi, son utilisation pourrait améliorer la structure du sol cultivable à Efoetse.

L'adoption de la culture maraichère telle que la courgette par la population locale à est l'une des solutions pour pallier la carence alimentaire et diversifier leur alimentation. Elle peut servir de source de revenus pour les ménages et une occupation pour les femmes au foyer.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) Andriamanantsoa L. (2017). Essais de diversification des cultures maraichères : courgette, haricot et petsai. Cas du Fokontany Ankarimbelo, Commune rurale de Mahabo-Mananivo, District de Farafangana 101p
- 2) Battistini R. (1964). *Géographie humaine de la plaine côtière Mahafaly*. Edition Cujas. Paris 198p
- 3) FAO (2005). *Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole* 48p
- 4) FAO (2007). *Impact of compost use on crop yields in Tigray*, Ethiopia 30p
- 5) Godden B. (1986). *Etude du processus de compostage du fumier de bovin*. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques, Université Libre de Bruxelles. Laboratoire de microbiologie, 136p.
- 6) Godden B. (1995). *La gestion des effluents d'élevage. Techniques et aspect du compostage dans une ferme biologique*. Revue de l'Ecologie. No 13.p37.
- 7) Guyot L. (2001). *Reconnaissance hydrogéologique pour l'alimentation en eau d'une plaine littorale en milieu semi-aride : Sud-Ouest de Madagascar*. Thèse de Doctorat Université de Nantes Faculté des Sciences et Techniques. 228: 19-24. 96-97
- 8) Hoitink H.A.J. (1995). The Composting Process. Cité par ITAB (2001). Guide des matières organiques. Tome 1. Deuxième édition 2001.
- 9) Inckel M., Smet P., Tersmette T., Veldkamp T. (2005) : Agrodok8 – *La fabrication et l'utilisation du compost* 73p
- 10) Mémento de l'Agronome Ministère de la Coopération ,1991
- 11) Mustin M. (1987). *Le Compost, gestion de la matière organique*. F. Dubuse 954p
- 12) Tayeb A. et Etienne P. (1994), *Agronomie moderne « Bases physiologiques et agronomiques de la production végétale »*, 543 pages
- 13) Znaïdi (2002). *Etude et évaluation du compostage de différents types de matières organiques et des effets des jus de composts biologiques sur les maladies des plantes* 104p

ETUDE DE L'EVOLUTION ET LES EFFETS NEFASTES DE *SPODOPTERA FRUGIPERDA* SUR LES CULTURES DANS LA COMMUNE RURALE D'ANDRANOHINALY

par

HERISOA Antoine⁽¹⁾, RAZAFINDRATSIMANDRESY Holy⁽¹⁾,
MANJOVELO Christian Sambany⁽¹⁾

(1) Institut d'Enseignement Supérieur de Toliara, Université de Toliara, Madagascar

RESUME

L'espèce *Spodoptera frugiperda*, insecte nocturne, originaire des régions tropicales et subtropicales des Amériques, est détectée pour la première fois à Madagascar en novembre 2017. Elle s'attaque aux cultures au stade larvaire ou chenille et cause des dommages importants aux cultures (Appert J., 1967). L'étude se propose donc, dans un premier temps, de connaître la biologie, le développement et le mode de propagation de la population de *Spodoptera frugiperda* ou chenilles légionnaires et dans un second temps, de trouver les moyens de lutte contre ces insectes ravageurs.

Des fiches de suivi journalier ont été élaborées, elles ont permis de collecter les données dans la Commune rurale d'Andranohinaly. Elles ont ensuite été traitées et analysées avec le logiciel (Excel). Les résultats font ressortir que la capacité de reproduction de l'insecte est spectaculaire. En effet une femelle de *Spodoptera* peut pondre plus de 1000 œufs au cours de sa vie, ce qui entraîne la propagation rapide de la population des chenilles légionnaires. Des moyens de lutte sont alors proposés pour lutter contre la propagation de la population des chenilles en utilisant des biopesticides, des champignons, des virus et des pièges à phéromone. La meilleure lutte est de soumettre la chenille légionnaire à différents aléas climatiques ou à des stress biologiques importants, ce qui bouleversera leur cycle biologique.

Mots clés : Chenille légionnaire, Lutte écologique, Lutte biologique, Gestion intégrée des ravageurs.

ABSTRACT

The species *Spodoptera frugiperda*, nocturnal bug, original of the tropical and subtropical regions of America, is detected for the first time in Madagascar in November 2017. It attacks to the cultures to the larval stage or caterpillar and reason of the important damages to the cultures (APPERT J., 1967).

This present study, first, to know the biology, the development and the fashion of propagation of the population of *Spodoptera frugiperda* or legionary caterpillars and then, to find the means of struggle against these devastating bugs. To collect the data in the farming Township of Andranohinaly, cards of daily follow-up have been elaborated. The data have been treated and have been analyzed on the software (Excel). The result makes come out again that the capacity of reproduction of the bug is spectacular. Indeed a female of *Spodoptera* can pound more than 1000 eggs during her life. This is cause of the fast propagation of the population of the legionary caterpillars. We will be proposed to fight this population for using the pesticides biological, mushrooms, viruses and traps to pheromone. The best struggle is make its to different climatic risks or to important biologic stress, what will upset their biologic cycle.

Key words : Caterpillar legionary, Struggle biologic, Struggle ecological, Integrated management of the devastating

INTRODUCTION

La région Atsimo Andrefana de Madagascar rencontre des problèmes liés aux attaques de cultures, au stade larvaire ou chenille, de l'espèce *Spodoptera frugiperda*, qui appartient à la famille des Lépidoptères. C'est pendant son stade larvaire que l'insecte peut causer des dommages importants aux cultures, si sa présence n'est pas bien gérée. Elle s'attaque plutôt au maïs, mais peut se nourrir de plus de 80 espèces des plantes, notamment le riz, le sorgho, le mil, la canne à sucre, les cultures maraîchères et le coton. Cette nouvelle chenille légionnaire a été observée dans les cultures de maïs à Madagascar, et vient se rajouter aux espèces, déjà présentes comme *Spodoptera littoralis*, *Spodoptera exempta*. Cette larve de papillon nocturne a été détectée en novembre 2017 dans la commune d'Antanimieva du district de Morombe et s'est propagée dans la commune rurale d'Andranohinaly en 2018 (FAO, 2018). Cette chenille légionnaire a occasionné d'énormes dégâts dans certaines cultures vivrières, en particulier le maïs qui contribue d'une façon importante à la sécurité alimentaire de la zone. Le choix de la commune rurale d'Andranohinaly s'explique par l'importance de la présence de cette chenille et de ses attaques qui ont un impact sur le rendement de diverses cultures. L'étude se propose alors d'intervenir dans cette zone pour contribuer à la lutte contre ce

ravageur. Elle vise à mieux connaître et comprendre le développement de l'insecte *Spodoptera frugiperda* et son mode de propagation, dans le but de suivre l'évolution de la population de ce ravageur afin d'assurer son contrôle. Suivre l'évolution de l'insecte, nécessite la connaissance de sa biologie, son écologie, le taux d'infestation et les formes de dégâts occasionnés par cette chenille légionnaire. Cet insecte est nocturne, il est très difficile de suivre l'évolution des adultes et des larves car cela nécessite des matériels adaptés aux observations.

L'identification de cet insecte dans les champs de culture dépend-elle des caractères particuliers ? Les dégâts causés par la chenille légionnaire permettent-ils de connaître le degré d'infestations de cet insecte ? Quels sont les moyens de lutte proposés contre ce parasite ?

MATERIELS ET METHODES

Présentation de la zone d'étude

La commune rurale d'Andranohinaly se trouve dans le district de Toliara II, région Atsimo Andrefana de Madagascar. Elle a une latitude de -23.2833 et une longitude de 43.9833 et est traversée par la RN7. Sa population est de 3 123 habitants (INSTAT, 2018). Cette commune est constituée de 9 Fokontany où se rencontrent les ethnies Mahafaly, Masikoro, Antandroy, Vezo et la sous ethnie Tagnalagna. Les ethnies les plus dominantes sont les Mahafaly (35%), les Tagnalagna (30%), et les Antandroy (20%), les autres groupes ne représentent que les 15% de la population (INSTAT, 2018).

Tableau 1 : Distance entre chaque Fokontany et le chef-lieu de la Commune rurale d'Andranohinaly (Commune d'Andranohinaly, 2018)

Fokontany	Distance en Km
Andranohinaly	00
Masiakampy	04
Saririaka	11
Antsakoamileka	2,5
Befoly	06
Ankazotrano	03
Ankiliberengy	12
Analamitivala	06
Ampamata	12

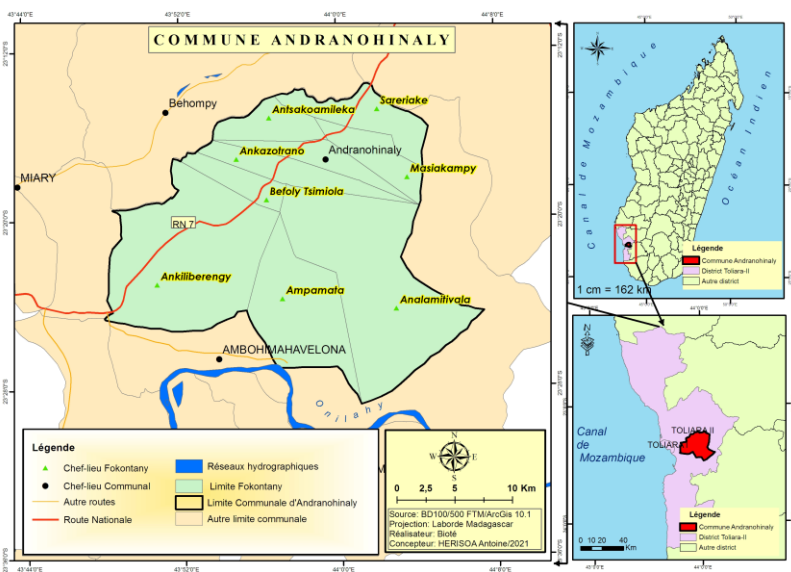


Figure 1 : Carte topographie de la commune rurale d'Andranohinaly (2018)

Présentation de la chenille légionnaire

Les visites des champs de cultures dans diverses zones de la commune rurale d'Andranohinaly ont révélé la présence de larves ou chenilles légionnaires d'un papillon nocturnes dont la classification faite par J. E. Smith est donnée ci-dessous :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous-embranchement : Hexapoda

Classe : Insecta

Sous-classe : Neoptera

Ordre : Lepidoptera

Super-famille : Noctuoidea

Famille : Noctuidae

Sous-famille : Nadeninae

Tribu : Caradrinini

Genre : Spodoptera

Nom binominal : *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797).

Les observations et les examens effectués sur les champs de culture ont permis d'identifier et de connaître l'insecte : la morphologie, les dégâts occasionnés, la biologie et écologie du ravageur et les moyens de lutte contre cet ennemi.

Biologie et écologie de la chenille légionnaire : les œufs, qui varient de 100 à 300, sont pondus la nuit sur les feuilles de la plante hôte, collés à la face inférieure des feuilles, dans des grappes serrées et parfois en deux couches, couramment recouvertes d'une couche protectrice de poils abdominaux. L'éclosion nécessite 2 à 10 jours, habituellement 3 à 5 jeunes larves se nourrissent profondément dans la spirale (cornée). Les deux premiers stades larvaires se nourrissent de façon grégaire de la face inférieure des jeunes feuilles, provoquant un effet de squelette ou de « fenêtrage » caractéristique, et le point de croissance de la plante peut être détruit. Les larves de plus grande taille deviennent cannibales et donc une ou deux larves par spirale (cornée) est habituelle. Le développement larvaire prend généralement, à travers des six stades, 14 à 21 jours. Les larves plus grosses sont nocturnes, à moins qu'elles n'entrent pas dans la phase de chenille légionnaire quand elles essaient et se dispersent, cherchant d'autres sources de nourriture. En moyenne, les adultes vivent 12 à 14 jours. Le cycle complet de l'œuf s'étend sur 36 à 69 jours.

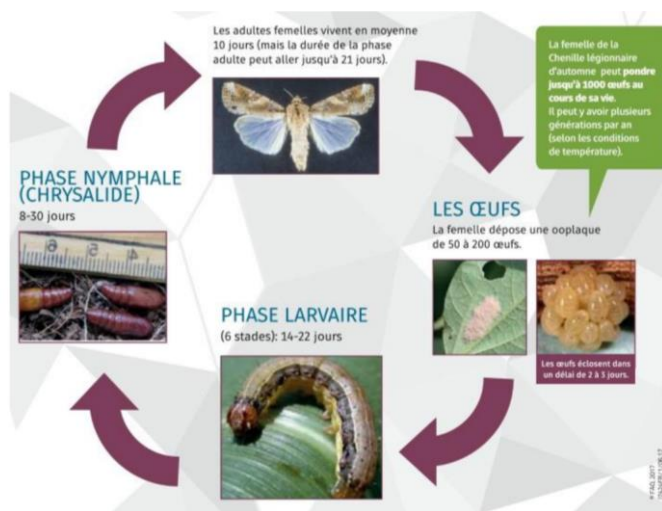


Figure 2 : Cycle biologique de la chenille légionnaire d'automne (FAO, 2017)

Méthodes

Des descentes sur terrain ont été effectuées afin d'observer et déceler les pourcentages d'infestations, de faire un inventaire et suivre les dégâts causés par la chenille légionnaire. Des enquêtes menées auprès des paysans de cette commune ont permis de connaître son évolution par rapport à la culture de maïs ainsi que les

traitements phytosanitaires utilisés. Des fiches de suivi journalier ont été élaborées et les données ont été traitées et analysées sous le logiciel Excel.

RESULTATS

Techniques permettant de connaître la présence de chenilles légionnaires dans les cultures de maïs

Observation des feuilles

Les feuilles de maïs déchiquetées ou trouées prouvent la présence de chenilles (Figure 3). Les trous peuvent cependant être causés par d'autres ravageurs. Il faut donc chercher la chenille pour l'identifier.

Ouverture des feuilles de maïs

La chenille légionnaire se trouve à l'intérieur des feuilles, par conséquent, il faut ouvrir la feuille pour la voir (Figure 3). Elle peut, toutefois, se trouver dans la fleur du maïs (Figure 4).



Figure 3 : Feuilles de maïs déchiquetées par *Spodoptera* et écartées pour trouver la chenille légionnaire

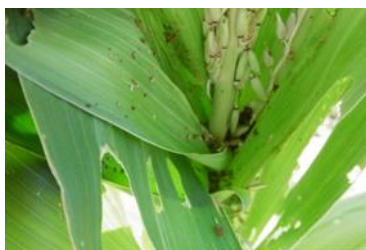


Figure 4 : Fleur du maïs

Présence des déjections

De nombreuses déjections de la chenille sont observées entre les feuilles et à l'intérieur de l'épi de maïs, qui sont des petites boules de couleur marron (Figure 5).



Figure 5 : Déjections et chenille légionnaire avec ses déjections

Attaque sur un jeune plant, apparition de trous (Figure 6).



Figure 6 : Jeune plant attaqué

Attaque sur les épis de maïs



Figure 7 : Epis secs attaqués par la chenille légionnaire



Figure 8 : Epi au stade laiteux attaqué par la chenille légionnaire (FAO, 2018)

Inventaire entomologique de la chenille légionnaire dans quelques Fokontany

Plusieurs champs de cultures de maïs et de manioc dans les Fokontany d'Ampamanta, Befoly, Ankiliberengy, Ankazotrano, Analamitivala, ont été visités lors de cette descente sur terrain. Des comptages d'insectes présents dans les parcelles de culture ont été réalisés. En ce qui concerne les champs de manioc, seuls les pucerons et les mouches blanches ont été observés. Les chenilles légionnaires sont entièrement absentes.

Les plantes non infestées

Les plantes telles que : l'ambérique, le niébé, la patate douce, le poids de terre, l'arachide, le manioc (Figure 9) et le dolique ne se font pas attaquer par la chenille légionnaire.



Figure 9 : Ambérique et Manioc

Les plantes attaquées

Les plantes les plus infestées sont le maïs, le sorgho, le coton et certaines cucurbitacées (Figure 10).



Figure 10 : Maïs, sorgho et *Dioscorea alata*

Lutte contre la chenille légionnaire

Les paysans adoptent la lutte mécanique, chimique et biopesticide pour repousser ces chenilles.

Lutte mécanique

Les ooplaques et les larves sont détruites à la main. La pluie entraîne une mortalité élevée des larves au niveau du verticille de plants de maïs.

Lutte chimique

Des pesticides tels que : Organophosphorés, Pyréthriinoïdes, Néonicotinoïdes et certains cas de cocktails de pesticides sont utilisés.

Lutte biopesticide

Les biopesticides utilisés sont formés de mélanges de plusieurs éléments tels la poudre de tabac, le piment (fruit), la cendre, le sisal (broyé) et le savon (artisanal). Lors de fortes attaques de *Spodoptera frugiperda*, il est conseillé aux agriculteurs d'éviter de planter du maïs. Dans le cas contraire, le paysan sera obligé, dès la levée des plants, de pulvériser régulièrement ces derniers de produits biopesticides à base de feuilles de neem, de piment et éventuellement de tabac. Une solution à base de poudre de grains de neem peut également être utilisée. Les produits peuvent éloigner les papillons pour qu'ils ne pondent pas sur les cultures.

Lutte biologique

La lutte biologique peut être adoptée dans les cas d'invasion du *Spodoptera frugiperda* ou dans les cas de résistance aux insecticides. Un parasite mutuel aux chenilles légionnaires a été repéré à Saririaka. Il s'agit d'araignées vertes (*Peucetia madagascariensis*) et de fourmis (*Fourmie solenopsis*). Les araignées vertes attaquent les larves et piègent les papillons par leur toile (Figure 11).



Figure 11 : *Peucetia madagascariensis* attaquant la larve de la chenille légionnaire

Les fourmis détruisent les œufs et les larves (Figure 12).



Figure 12 : *Apantele flavipe* **Figure 13** : *Fourmi solenopsis*

Lutte agronomique

Dans cette lutte, les techniques suivantes ont été pratiquées : utilisation des variétés résistantes ou tolérantes à l'attaque des chenilles légionnaires ; culture précoce ; pratique de la culture associée et sarclage à temps.

Il faut brûler toute les tiges infectées par la chenille légionnaire pour éviter l'éclosion des œufs présents dans cette tige. Il convient de donner aux animaux les tiges.

DISCUSSIONS

La chenille légionnaire attaque toutes les parties aériennes du maïs : les tiges, les feuilles, les fleurs et les épis. Lorsque l'attaque est importante, les feuilles de maïs sont toutes déchiquetées, comme celles constatées lors d'attaques de criquets. En ce qui concerne l'attaque tardive, la chenille se trouve à l'intérieur de l'épi et elle mange les grains de maïs. En cas de forte infestation, tous les épis sont attaqués, entraînant ainsi une perte de production très importante. Ces dégâts sont dus à la capacité de reproduction de la femelle de *Spodoptera frugiperda* à pondre plus de 1000 œufs au cours de sa vie et à voler, portée par les vents, jusqu'à 2 000 km.

La température dans la commune d'Andranohinaly qui varie de 16 à 32°C favorise la ponte des œufs, 100 à 300, du *Spodoptera frugiperda*, stade qui se produit généralement à la température de 20 à 30°C pendant la nuit. Les œufs groupés sont recouverts d'une couche protectrice ressemblant à du feutre d'écailles gris, ce qui rend difficile le traitement à ce stade, de même le parasitisme par ponte est aussi compliqué.

L'identification de la chenille légionnaire est assez aisée à réaliser du fait de la présence de certains caractères spécifiques qu'elle présente comme la forme Y inversé de couleur jaune sur la tête et l'existence de quatre taches noires disposées en carré sur le dernier segment abdominal. Par ailleurs, elle se cache dans les feuilles durant le jour, ce qui ne facilite pas la réalisation de la lutte chimique contre cette larve. Comme la pupaison a lieu à l'intérieur d'un cocon mou dans la terre et rarement entre les feuilles de la plante hôte, à ce stade, seule la lutte mécanique est possible. Les adultes émergent la nuit et utilisent habituellement leur période naturelle de préoviposition pour voler sur plusieurs kilomètres avant de s'installer pour la ponte. Cette noctuelle migre parfois sur de longues distances. Cela facilite la propagation rapide du *Spodoptera frugiperda*.

Les types de sols sablo-limoneux, sablo-argileux et sable roux dans la commune rurale d'Andronohinaly sont adaptés pour la pupaison et l'émergence de l'adulte. Ils constituent donc un lieu de passage favorable de l'insecte pour constituer leur cycle de développement (stade chrysalide).

La chenille légionnaire constitue une menace pour les fokontany d'Ampamanta, de Befoly, d'Akilimberengy, d'Ankazotrano et d'Analamitivala, raison pour laquelle les agriculteurs de ces fokontany ne cultivent plus que du manioc qui est épargné par cette chenille.

CONCLUSION

L'étude de l'évolution de *Spodoptera frugiperda* dans la commune rurale d'Andranohinaly permet d'acquérir plus d'informations et de renseignements, sur la connaissance du ravageur le plus redoutable de cette commune. Ces acquis se rapportent à la morphologie, la biologie, l'écologie, les dégâts occasionnés et les moyens de lutte contre ces chenilles légionnaires. Il est difficile de lutter contre les *Spodoptera frugiperda* dans la mesure où ces insectes possèdent des caractéristiques qui les rendent particulièrement difficiles à contrôler : vol nocturne, parcours longue distance (100 km), reproduction en masse (jusqu'à 1 000 œufs au cours de sa vie) et larves capables de nourrir une grande variété de plantes.

Les taux d'infestation des cultures, en particulier celle du maïs, sont élevés et les conditions édaphoclimatiques de la commune favorisent leur propagation. Cette situation accélère le dynamisme de la population du *Spodoptera frugiperda* et favorise leur évolution.

Plusieurs moyens de lutte sont envisageables, comme l'utilisation des biopesticides, de champignons, de virus et des pièges à phéromone. Mais la meilleure lutte est de soumettre la chenille légionnaire à différents aléas climatiques ou à des stress biologiques importants, ce qui bouleversera leur cycle biologique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) Anonyme. (1972). *Les ravageurs des grains entreposés*. Collection technique américaine 103. Doc. CITE. Antananarivo
- 2) APPERT, J. (1967). *Les insectes nuisibles aux cultures de Madagascar*. Bulletin Agronomique N° 22. Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières, Paris. 177 pp.
- 3) APPERT, J. (1972). *Catalogue des insectes nuisibles aux cultures malgaches*. IRAM, Tananarive (Doc. N°348). 125 pp. Entomologie Agricole, février 1988
- 4) FAO, (2017)
- 5) Fiche dans le cadre du programme de travail RECA. (2017)
- 6) KRANZ, J.H. SCHMUTTERER ET W. KOCH (éd). (1981). *Maladies, ravageurs et mauvaises herbes des cultures tropicales*. Paul Parey, Berlin et Hambourg. 717 pp.
- 7) MESSIAEN, C.M ET R. LAFON (1970). *Les maladies des plantes maraîchères*. INRA, Paris 441 pp.
- 8) ROGER, L. (1953). *Phytopathologie des pays chauds*. Paul Lechevalier, Paris. 256 pp.

ETUDE DES ACTIVITES ANTIDIABETIQUE ET ANTIOXYDANTE DE *MYROTHAMNUS MOSCHATUS*

par

RAZAFIMAHATRATRA Jean H.⁽¹⁾, HANITRINIAINA N. Carène⁽¹⁾,
SOAVINA Silvère⁽¹⁾, MANJOVELO S. Christian⁽¹⁾, FATIANY P. Ruphin⁽¹⁾,
RASOLONDRATOVO Benoit⁽¹⁾, RAZAFIMAHEFA Solofoniaina^(2,3),

(1) Domaine Science et Technologie, Université de Toliara, Madagascar

(2) Institut d'Enseignement Supérieur Antsirabe-Vakinankaratra, Université d'Antananarivo, Madagascar

(3) Institut Malgache de Recherches Appliquées, Antananarivo, Madagascar

RESUME

A Madagascar, le taux de prévalence du diabète ne cesse d'augmenter, 4% en 2016 contre 3% en 2014. L'objectif est donc d'étudier la plante *Myrothamnus moschatus* de la famille des Myrothamnaceae pour lutter contre cette maladie. En effet, les caractères d'adaptation de cette plante dite de résurrection dans un milieu extrême lui confèrent différentes propriétés médicinales sur le traitement de certaines maladies chroniques telles que le diabète et le cancer. Cette plante est utilisée dans la partie Sud de Madagascar pour traiter les plaies d'allure trainante ou « Bay tsy mety janga ». L'extrait hydroalcoolique administré par voie orale jusqu'à une dose de 3g/kg ne provoque aucun signe de toxicité chez les souris. Ces résultats justifient l'innocuité de l'extrait de la plante. Administré par voie orale à une dose de 100 mg/kg, l'extrait hydroalcoolique provoque une diminution significative de la glycémie des souris rendues hyperglycémique par rapport aux témoins négatifs. Les tests bio guidés montrent que la ou les molécules responsables de cette activité réside dans la fraction dichlorométhane (DCM) avec une diminution de 39% à une dose de 100 mg/kg contre 46,09% pour le produit de référence qui est le Metformine. La méthode appliquée pour mesurer une activité antioxydante est celle du piégeage des radicaux libres à l'aide du DPPH, l'extrait hydroalcoolique présente une activité anti-radicalaire avec un pourcentage d'inhibition de 70% à une concentration de 2 mg/ml. Ces résultats confirment les données recueillies lors de l'enquête ethnobotanique effectuée dans la partie Sud de Madagascar.

Mots clés : *Myrothamnus moschatus*, Extraits non volatiles, Antidiabétique, Antioxydant, Médecine traditionnelle

ABSTRACT

In Madagascar, prevalence rate of diabetes continues to rise, 3% in 2014 against 4% in 2016. Our survey conducted us to the medicinal plant *Myrothamnus moschatus* (Myrothamnaceae). The adaptive characteristics of this plant known as a resurrection plant, in an extreme environment, give it different medicinal properties for the treatment of some chronic diseases such as diabetes and cancer. This plant is used in the southern part of Madagascar to treat dragging wounds or "Bay tsy mety janga". The hydroalcoholic extract administered orally up to a dose of 3g/kg causes no signs of toxicity in mice. These results justify the safety of the plant extracts. Administered orally at a dose of 100 mg/kg, the hydroalcoholic extract caused a significant decrease in the blood sugar levels of hyperglycemic mice compared to negative controls. The bioguided tests show that the molecule(s) responsible for this activity resides in the dichloromethane fraction (DCM) with a decrease level 39% at the dose of 100 mg/kg against 46,09% for the reference product which is Metformin. The applied method to measure antioxidant activity is scavenging free radical using DPPH, the hydroalcoholic extract shows anti-radical activity with an inhibition up to 70% at a concentration of 2 mg/ml. These results confirm the data collected during our ethnobotanical survey that we conducted in the southern part of Madagascar for the traditional uses of this plant.

Key words : *Myrothamnus moschatus*, Non volatiles compounds, Antidiabetique, Antioxydant, Traditional knowledge

INTRODUCTION

Le diabète est une maladie chronique grave qui se déclare lorsque le pancréas ne produit pas suffisamment d'insuline (hormone régulatrice de la glycémie), ou lorsque l'organisme n'est pas capable d'utiliser efficacement l'insuline qu'il produit (OMS, 2016). La valeur normale de la glycémie à jeun est comprise entre 0.8 à et 1.2 g/l. Au-dessus de cette valeur, il y a une hyperglycémie et en dessous, une hypoglycémie. D'après le rapport de la fédération internationale de diabète (FID, 2017), plus de 245 millions de personnes sont atteintes du diabète en 2017, dont 142 millions ont plus de 60 ans, celles de moins de 20 ans franchissent la barre du million dans le monde. A Madagascar, selon le rapport de l'OMS le taux de prévalence est de 4%, soit 880 000 personnes atteintes. Ceci constitue un problème majeur de santé publique. De plus, le coût élevé et l'inaccessibilité aux médicaments de traitement orientent les diabétiques vers des traitements traditionnelles, dans ces conditions les populations ont souvent recours aux plantes médicinales pour se soigner (Fah *et al.*, 2013).

Malgré les progrès réalisés dans le traitement du diabète, des recherches sur de nouveaux médicaments continuent du fait que la plupart de ces derniers ont montré leurs limites. Parmi les solutions suggérées, il y a la phytothérapie. Cette approche offre à ce jour, une alternative très intéressante du fait de la découverte, sans cesse croissante, d'extraits des plantes efficaces dans le traitement du diabète (Katemo et al., 2012; Zhang, 2000).

Myrothamnus moschatus est une plante appartenant à la famille des Myrothamnaceae. Espèce endémique des rochers dénudés et ensoleillés des hauts plateaux et des reliefs du Sud de l'île, les plantes sont connues sous plusieurs noms vernaculaires Malagasy selon les groupes ethniques. (Philippe Rasoanaivo et al., 2012):

- *Maimbelona* : Merina
- *Maharoaka, maroaka, maharoaky* : Antandroy, Bara
- *Tsimaharofy, Fanalalahy, fanalahy* : Betsileo
- *Somorombato* : Bara
- *Radiatra* : Antanosy
- *Tsangatsangana* : Tsimihety.

Cette étude a été faite en vue de cataloguer cette plante médicinale parmi celles sollicitées dans le traitement du diabète à Madagascar et d'identifier la famille des molécules responsables de cette activité.

MATERIELS ET METHODES

Méthodes d'études

Enquêtes ethnobotaniques

Dans le cadre du projet Sud Expert Plantes Développement Durable (SEP2D), des enquêtes ethnobotaniques ont été menées dans la région d'Ihorombe, auprès des tradipraticiens et des villageois. Elles étaient basées sur les usages de la plante *Myrothamnus moschatus*, le mode de préparation et la partie utilisée.

Matériel végétal

Les parties aériennes de la plante ont été collectées dans la région d'Ihorombe plus précisément à Ifandàna entre les mois de Juillet et Août 2019 (Figure 01). La plante a déjà été identifiée par le botaniste B. Ramandimbisoa du Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza (PBZT) le 10 Décembre 2010 et le botaniste Benja Rakotonirina de l'Institut Malgache de Recherche Appliqué (IMRA) sous le numéro

MAD-0013/RECS. Les échantillons des feuilles ont été nettoyés puis séchés à la température ambiante du laboratoire pour mieux conserver les molécules thermolabiles. Ces plantes séchées ont ensuite été broyées par un broyeur électrique.



Source : Auteur

Figure 1 : *Myrothamnus moschatus*

Méthode d'extraction

Après la récolte et le séchage à 17°C, le matériel végétal a été broyé puis pesé. En ce qui concerne la préparation de l'extrait hydro-éthanolique, la matière première pulvérisée (300g) a été macérée dans 3 000ml d'une solution hydro-alcoolique (de proportionnalité 80/20) pendant soixante-douze (72) heures sous agitation magnétique. Pour l'obtention de l'extrait aqueux, 3000ml d'eau distillée ont été additionnés à la matière première pulvérisée (300g). Le mélange préparé a été chauffé sur une plaque chauffante munie d'un agitateur magnétique pendant 40 minutes. Les extraits ont été obtenus par filtration des mélanges poudre-eau et poudre hydro-alcoolique sur un papier filtre de marque Whatman. Les filtrats obtenus ont ensuite été mis dans des ballons ronds à fond plat, congelés à -20°C puis lyophilisés. Les extraits ainsi obtenus ont été pesés en vue d'évaluer leur rendement et ont été conservés au réfrigérateur à 4°C.

A partir de la méthode de séparation liquide-liquide de l'extrait hydro-alcoolique (80/20), quatre extraits ont été obtenus à savoir : l'extrait hexanique, l'extrait de DCM, l'extrait d'acétate et l'extrait aqueux.

Criblage phytochimique

Il s'agit d'une analyse qualitative. Les groupes chimiques de la plante ont été déterminés suivant une étude basée sur des tests de solubilité, des réactions de coloration et de précipitation ainsi que par des examens en lumière ultra violette.

Criblages des alcaloïdes

La présence d'alcaloïdes a été établie par la précipitation de sels et la révélation à l'aide du réactif de Mayer (Sofowora & E.A, 1982).

Criblages des tanins

La présence de tanins galliques et catéchiques a été mise en évidence à l'aide de perchlorure ferrique (Bruneton, 2009)

Criblage des dérivés anthracéniques

On trouve les dérivés anthracéniques dans les plantes, sous forme de génine (aglycone) libres quinones ou sous forme combinée d'hétérosides anthracéniques. La présence des dérivés anthracéniques a été mise en évidence à l'aide de la solution NH₄OH diluée à 50% (Badiaga, 2012 ; Bruneton, 2009).

Criblage des stérols et triterpènes

La présence des stérols et triterpènes a été mise en évidence à l'aide de H₂SO₄ concentré (Badiaga, 2012 ; Bruneton, 2009).

Criblage des hétérosides cardiotonique

La présence d'hétérosides cardiotonique a été mise en évidence à l'aide de KOH en présence de réactifs appropriés (Badiaga, 2012 ; Bruneton, 2009).

Criblage des saponosides

Les saponosides sont des substances très fréquentes chez les végétaux, ils sont caractérisés par leur pouvoir moussant en solution aqueuse qui donne l'indice de mousse (Badiaga, 2012; Bruneton, 2009).

Criblage des composés réducteurs

Plusieurs composés réducteurs peuvent être mis en évidence. Il s'agit des oses et holosides et des mucilages préparés en décocté aqueux à 10%, à partir de 10g de poudre de matière végétale, 100 ml d'eau et pendant 15minutes (Badiaga, 2012).

Evaluation de l'activité anti-oxydante par DPPH (Atoui et *al.*, 2005)

C'est une méthode largement utilisée dans l'étude de l'activité anti-oxydante. Le DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) se caractérise par sa capacité à produire des radicaux libre stables. La présence de ces radicaux DPPH donne lieu à une coloration violette foncée de la solution. La réduction des radicaux DPPH, aux environs de 517 nm, par un agent anti-oxydant entraine une décoloration de la solution.

Calcul du pourcentage d'inhibition

Le pourcentage de réduction du DPPH est donné par la formule suivante (Yen et al., 1994) :

$$\% \text{ PR du DPPH} = \frac{(\text{DO à } t_0) - (\text{DO à } t_{30})}{(\text{DO à } t_0)} \times 100$$

% PR du DPPH : pourcentage de réduction ou inhibition du DPPH

DO à t_0 : densité optique du DPPH à t_0

DO à t_{30} : densité optique à 30minute après avoir ajouté l'extrait.

Calcul des CI_{50}

Par définition la valeur de CI_{50} est la concentration de l'acide ascorbique ou de l'extrait qui peut réduire de 50% le DPPH, cette dernière est déterminée graphiquement (Sánchez, 1998). Les IC_{50} sont calculées graphiquement par la formule de la régression des pourcentages d'inhibition en fonction des différentes concentrations des extraits testés.

Matériel animal

Les animaux expérimentaux, qui proviennent de l'animalerie de l'IMRA, sont constitués des souris de race SWISS pesant entre 26 et 35 g. Elles ont été regroupées par quatre (04) dans une cage standard pour une période d'acclimatation. Pendant cette période, les animaux ont eu accès libre à l'eau, à la nourriture (provende) et ont été maintenus à une température constante de 22°C et soumis à un cycle de lumière/obscurité de 12/12h (Dougnon et al., 2014). Les différentes expériences ont toujours eu lieu le matin à 7 heures.

Etude de la toxicité aigüe des extraits (extraits hydro-alcoolique et extrait aqueux) de *Myrothamnus moschatus* (Mm) chez les souris

La toxicité aigüe de Mm a été évaluée chez 32 souris mâles de race SWISS, ayant un poids corporel (pc) compris entre 26g et 35g. Deux extraits de la plante ont été testés : l'extrait hydro-alcoolique (HA) et l'extrait aqueux (EA). Le test de toxicité aigüe montre les différents comportements des animaux ainsi que l'effet du produit sur les différents systèmes somatiques et de détermine la DL50 éventuelle de Mm (Akhila, 2007) lorsque Mm a été administré à une dose élevée. En matière de tests de toxicité aigüe, les animaux à jeun sur une durée de 18h, ont été répartis en 4 lots de 08 souris et chaque lot comporte 4 souris mâles et 4 souris femelles (Vaghasiya et al., 2010). Le témoin a reçu par voie orale de l'eau distillée, tandis que

les autres lots ont reçu de l'extrait de Mm à 1g/kg pc, 3g/kg de poids corporel dans un volume de 10ml/kg par souris.

Test de tolérance orale au glucose (TTOG OU HPVO)

Après une période à jeun de 24h, vingt (20) souris mâles de races SWISS ont été réparties en cinq (5) lots de quatre souris :

- Lot 1 : témoins négatifs ayant reçu uniquement de l'ED (10ml/kg pc) ;
- Lot 2 : témoins positifs ayant reçu de la Metformine EG 500 (500mg/kg) ;
- Lot 3 : traité avec l'extrait de DCM de Mm (100mg/kg) ;
- Lot 4 : traité avec l'extrait d'AcOEt de Mm (100 mg/kg) ;
- Lot 5 : traité avec l'extrait Aqueux de Mm (100 mg/kg).

L'hyperglycémie provoquée par voie orale (HPVO) a été provoquée par l'administration d'une solution de glucose à en raison de 3g/kg du poids corporel des souris. Le temps d'administration du glucose a été considéré comme le temps zéro (t_0) de l'expérience. A $t=5\text{min}$, les souris du lot 1 n'ont reçu que de l'eau distillée (ED) dans une proportion de 10ml/kg tandis que les souris des lots 2, 3,4 et 5 ont été traités respectivement avec 500mg/kg de Metformine et 100mg/kg d'extrait de dichlorométhane, d'extrait d'acétate et d'extrait aqueux par voie orale (gavage). Des prélèvements sanguins au niveau de la veine caudale ont été réalisés, à l'aide de bandelettes et d'un glucomètre portable de marque NOCODING. Les mesures de la glycémie de base ont été déterminées, après HPVO, respectivement aux temps $t=0\text{min}$, $t=30\text{min}$, $t=45\text{min}$, $t=60\text{min}$, $t=90\text{min}$, $t=120\text{min}$, $t=180\text{min}$, $t=240\text{min}$. Ceci (Aslan et *al.*, 2007).

Analyses statistiques

L'analyse statistique des résultats a été réalisée par comparaison de chaque lot d'animaux traités par rapport aux témoins en utilisant le test de STUDENT sur EXCEL. Les critères des différences par rapport au groupe témoin négatif sont les suivants :

- $p \text{ value} > 0.05$: test non significatif
- $p \text{ value} < 0.05$: test significatif
- $0.05 < p \text{ value} < 0.01$: test très significatif
- $p \text{ value} < 0.001$: hautement significatif.

RESULTATS

Rendement d'extraction

Le rendement de l'extrait sec obtenu après évaporation a été déterminé par rapport à 300g de poudre végétale (parties aériennes). Le poids de l'extrait sec est déterminé par la différence entre le poids du ballon plein (après évaporation) et le poids du ballon vide (avant évaporation) (Tableau 1).

Tableau 1 : Rendement des différents extraits

Extrait	Poids d'extrait sec (g)	Rendement %
Extrait hydro-alcoolique	49,23	16,41
Extrait aqueux	90,66	30,22

En ce qui concerne les fractionnements, la méthode de séparation liquide-liquide des extraits hydro-alcooliques a été appliquée (Tableau 2).

Tableau 2 : Fraction de l'extrait hydro-alcoolique

Extrait	Rendement %
Extrait hexanique	10,52
Extrait DCM	60,28
Extrait d'acétate d'éthyle	22,13

Screening phytochimique

Il s'agit de récapituler les familles des composés présents dans les parties aériennes de *Myrothamnus moschatus* (Tableau 3).

Tableau 3 : Résultats de screening phytochimique de la partie aérienne de *Myrothamnus moschatus*

Famille chimique	Extrait hydro-alcoolique (80/20)	Extrait aqueux (Decocté)
Alcaloïdes	-	-
Flavonoïdes	+++	+++
Saponosides	-	-
Stérols	-	-
Triterpènes	++	-
Tanins galliques	-	++
Anthracéniques	++	+
Composés réducteurs	++	++
Hétéroside cardiotonique	-	-

+++ : Très abondant ; ++ : abondant, + : l'état de trace, - : absence

Les résultats de screening phytochimique (Tableau 3) montrent que les deux extraits (HA, EA) des parties aériennes de *Myrothamnus moschatus* contiennent des flavonoïdes en quantité très abondante. Par contre les alcaloïdes, les saponosides, les stérols et les hétérosides cardiotoniques sont absents des deux extraits. Les composés réducteurs sont présents dans les deux extraits mais en quantité abondante. Les composés anthracéniques sont présents en quantité abondante dans les extraits hydro-alcoolique mais à l'état de trace dans les extraits aqueux.

Le test de Liebermann-Burschard confirme la présence de triterpène dans l'extrait hydro-alcoolique et une absence dans l'extrait aqueux. Les tanins galliques sont présents avec une teneur abondante dans l'extrait aqueux mais dans l'extrait hydro-alcoolique, ils sont absents (pas de précipitations).

Etude de l'activité antioxydant

Le pouvoir réducteur des extraits de Mm sur le DPPH

Les Tableaux 4 et 5, représentent l'activité antioxydant de l'acide ascorbique et l'extrait de Mm.

Tableau 4 : Pourcentage de réduction du DPPH par l'acide ascorbique

Concentration (µg/ml)	0.25	0.5	1	1,5
% de réduction du DPPH	3,14	13,92	35,76	50,52

Tableau 5 : Pourcentage de réduction du DPPH par l'extrait Hydro-alcoolique de Mm

Concentration (µg/ml)	250	500	1000	2000
Extrait de Mm	0,7	29,8	44,12	70

Le Tableau 6 illustre la concentration d'inhibitrice de l'acide ascorbique et de l'extrait hydro-alcoolique qui inhibe 50% du DPPH.

Tableau 6 : CI₅₀ des extraits : Acide ascorbique, Extrait hydro-alcoolique

Les extraits	Acide ascorbique	Extrait hydro-alcoolique de <i>Myrothamnus moschatus</i>
CI ₅₀ (µg/ml)	1,44	1288,905

Toxicité

Après une administration orale de fortes doses de Mm, les animaux montrent des signes de toxicité tandis que les souris ayant reçu de l'eau distillée n'en présentent aucun (Tableau 4). Dix minutes après l'administration orale de Mm à 1g/kg, 30% des souris ont présent une tachypnée pendant 5 min, après cette période, les comportements des souris reviennent à la normale.

Soixante pour cents des animaux traités avec une dose de Mm à 3g/kg ont présent également une tachypnée de 10 minutes après administration orale du produit et cet effet persiste pendant 25 minutes. A partir de la 20^e minute, les activités motrices de 30% des animaux diminuent, et ce, sur 100 minutes d'observation.

Tous les signes de toxicité disparaissent 24 heures après l'administration de Mm chez toutes les souris. Pendant la durée des observations, aucune mortalité n'est observée (Tableau 7).

Tableau 7 : Résultats de Toxicité aigüe chez les souris après une administration de Mm par voie orale

Produit administré	Début de la manifestation (min)	Durée (min)	Symptôme de toxicité	Pourcentage des animaux atteints	Nombre des animaux morts
Eau distillé (ED)	-	-	-	-	0
Mm 1g/kg	10	5	Tachypnée	30%	0
Mm 3g/kg	10	25	Tachypnée	60%	0
	20	100	Diminution de l'activité motrice	30%	0

Effet de l'hyperglycémie provoquée par voie orale sur les trois souris

La Figure 1 montre l'augmentation de la valeur de la glycémie des souris après administration de 3g/kg de la solution de glucose par voie orale.

À 30 minutes de l'administration de glucose, la glycémie des souris passe de $106,50 \pm 6,06$ à $292,00 \pm 12,12$ mg/dl. A $t=240$ min, elle est réduite à en $125,25 \pm 6,49$ mg/dl.

La Figure 1 détermine le temps d'administration des extraits.

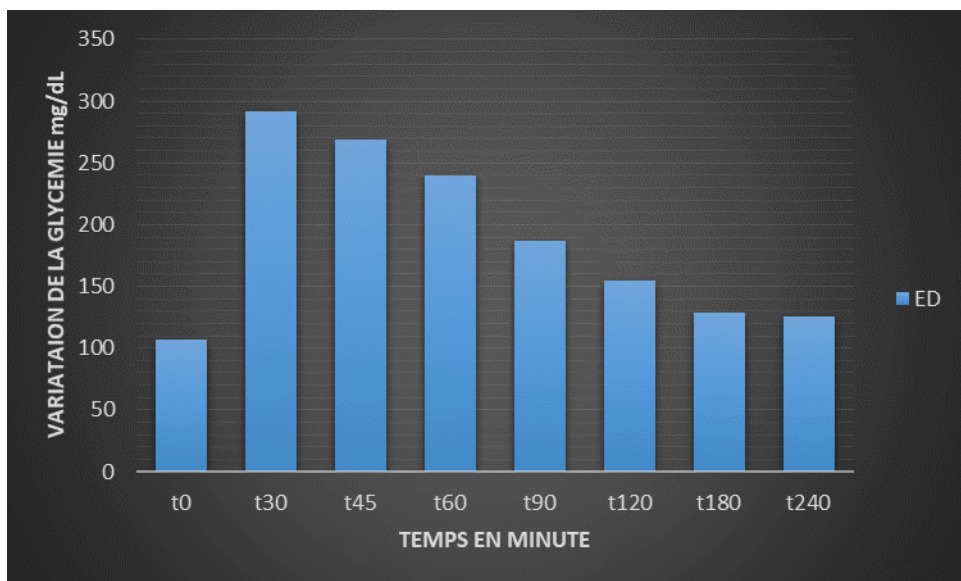


Figure 1 : Cinétique de glucose
 [Moyenne \pm ESM (erreur standard de la moyenne), n=4]

Effet de *Myrothamnus moschatus* (Mm) sur l'hyperglycémie provoquée par voie orale

La Figure 2 présente l'hyperglycémie, provoquée chez les souris traitées avec les extraits bruts de Mm (DCM, AcOEt, EA) à 100mg/kg et la Metformine à 500mg/kg.

À t=45min c'est-à-dire 40 minutes après l'administration des extraits bruts, seul l'extrait de DCM provoque une réduction significative de la glycémie des souris par rapport à celle des animaux du lot témoin ($p=0.015<0.05$). À partir de t=60 min, l'extrait de DCM provoque une diminution mais n'est pas significative.

DISCUSSION

Le rendement d'extraction est le rapport de la quantité de substances naturelle extraites par l'action extractive d'un solvant sur la quantité de ces substances contenues dans la matière végétale. Il dépend de plusieurs paramètres tels que : le solvant, la température, le temps d'extraction et la composition de l'échantillon (Quy Diem et *al.*, 2014)

Dans cette étude, le matériel végétal était constitué de la partie aérienne de *Myrothamnus moschatus*. L'utilisation combinée de l'eau et du solvant organique peut faciliter l'extraction des substances chimiques qui sont solubles dans l'eau et/ou dans les solvants organiques (Hamia et *al.*, 2014).

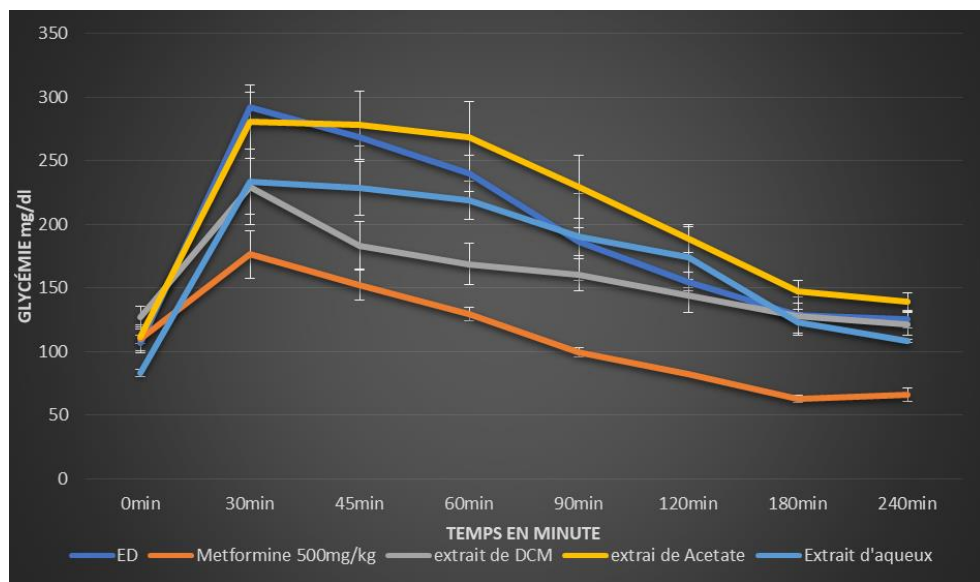


Figure 2 : Variation de la glycémie chez les souris normales traitées par l'extrait de DCM, l'extrait d'AcOEt et l'extrait aqueux [Moyenne \pm ESM (erreur standard de la moyenne), n=4]

D'après les résultats d'extraction, Le rendement le plus élevé a été obtenu par la méthode d'extraction avec l'eau chaude par rapport à l'éthanol-eau. Dans notre cas, les substances dans l'eau sont présentes en quantité importante (majoritaire) et sont l'une des causes essentielles de l'augmentation du rendement correspondant à la méthode d'extraction par décoction. Ces substances peuvent être de nature protéique ou de carbone hydratés (Békro et *al.*, 2007). D'autres facteurs physico-chimiques peuvent intervenir et avoir un impact sur le rendement d'extraction, c'est le temps d'extraction qui est généralement long dans la première méthode (72h) par rapport à l'autre (40min). Selon Rhazi et *al.* (2015), la progression de temps d'extraction peut diminuer le rendement de l'extrait et cela peut être dû à la dégradation de certaines substances naturelles comme les polyphénols.

Le screening phytochimique réalisé a montré que la partie aérienne de *Myrothamnus moschatus* contient des flavonoïdes en quantité très abondante. Le quercétine est un antioxydant flavonoïde protégeant du stress oxydatif (Surazyński et *al.*, 2005). Cependant les alcaloïdes, saponosides, polysaccharide, stérol et hétéroside cardiotonique sont absents. Des tanins sont présents dans l'extrait aqueux mais absents dans l'extrait hydro-alcoolique. Par contre, les triterpènes sont présents dans l'extrait hydro-alcoolique mais absents dans l'extrait aqueux (Tableau 3).

Les représentations graphiques donnent les pourcentages d'inhibition de piégeage de radicaux libre par l'acide ascorbique et l'extrait hydro-alcoolique de

Mm (Tableaux 4 et 5). Par ailleurs, les CI_{50} de chaque extrait ont été calculés. Les valeurs extrapolées sont respectivement les suivantes : pour l'acide ascorbique, la CI_{50} est égale à $1,44\mu\text{g/ml}$, elle est proche de celle obtenue par de Babher gholivand, (2012) ; pour l'extrait hydro-alcoolique de Mm, la CI_{50} est égale à $1288,905\mu\text{g/ml}$. Cela permet de dire que l'extrait hydro-alcoolique de Mm possède une activité antioxydante, comparativement à la référence.

L'administration orale de *Myrothamnus moschatus* à des doses élevées lors du test de toxicité aiguë a provoqué : une tachypnée, une diminution de l'activité motrice. Cependant, ces signes disparaissent au bout de 24h après l'administration et aucune mortalité a été observée jusqu'à la fin des tests.

L'administration à forte dose de Mm n'est pas létale chez les souris, ce qui signifie que Mm ne serait pas toxique. Après l'administration de glucose, seul l'extrait de DCM a diminué l'hyperglycémie observée chez les souris à 45min ($p=0.015<0.05$). Ce résultat permet de constater que *Myrothamnus moschatus* possède un effet antihyperglycémiant même à faible dose. L'hyperglycémie postprandiale qui se manifeste par des excursions glycémiques excessives après les repas, reste limitée chez les sujets sains. La dégradation du contrôle glycémique postprandial est une première étape vers l'intolérance au glucose qui augmente le risque de développer ultérieurement un diabète de type 2. L'hyperglycémie postprandiale (associée à l'hyperinsulinémie et à l'hyperlipémie postprandiale) est impliquée dans l'étiologie des complications de diabète de type 2 et des maladies cardiovasculaires (Stratton et al., 2000).

La présence des flavonoïdes en quantité très abondante dans l'extrait pourrait être le responsable de l'activité hypoglycémiante. Selon Kebieche (2009), les flavonoïdes possèdent une activité hypoglycémiante. Ces études sur la recherche d'activité antidiabétique des extraits flavonoïdiques ont montré que les flavonoïdes provoquent une élévation de la tolérance des tissus au glucose.

Les flavonoïdes présents dans l'extrait pourraient être responsables de la pénétration du glucose dans le sang. D'autres auteurs affirment que les substances phénoliques (flavonoïdes, leucoanthocyanes, polyphénols) possèdent différents effets susceptibles de faciliter le passage du glucose du sang vers les tissus périphériques, en l'occurrence les tissus hépatiques (Subash-Babu et al., 2008).

CONCLUSION

Les différentes approches menées au cours de ce travail de recherche ont permis de déterminer la présence de familles chimiques (flavonoïdes, triterpène, composé réducteur), la toxicité (non toxique) et l'effet (antihyperglycémiant) de l'extrait de Mm sur les souris rendues hyperglycémiques.

L'ensemble des résultats justifient la vertu antidiabétique de la plante Mm et son utilisation thérapeutique dans la médecine traditionnelle. Le mécanisme probable de cette action antihyperglycémiant pourrait faciliter le processus du transport de glucose dans le sang vers les tissus. Les perspectives de ce travail consisteraient ainsi à identifier les molécules responsables de la diminution de l'hyperglycémie et les autres molécules présentes dans l'extrait ainsi que leurs activités.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) Akhila J. S, & Alwarm M. C. (2007). Acute toxicity studies and determination of median lethal dose. 93(7), 917-920.
- 2) Aslan M, Özçelik B, Orhan I, Karaoglu T and Sezik E. (2006). Screening of antibacterial, antifungal and antiviral properties of the selected Turkish *Helichrysum species*. In *Planta Med.*, 72 : 997-997.
- 3) Aslan M, Orhan DD, Orhan N, Sezik E, Yesilada E. (2007a). In vivo antidiabetic and antioxidant potential of *Helichrysum plicatum* ssp. *plicatum* capitulum in streptozotocin-induced-diabetic rats. In *Journal of Ethnopharmacology*.109: 54–59.
- 4) Atoui AK., Mansouri A., Boskou G., Kefalas P. (2005). Tea and herbal infusions: Their antioxidant activity and phenolic profile. In *Food Chemistry* 2005; 89: 27-36.
- 5) Badiaga, M. (2012). Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea latifolia* Smith, une plante médicinale africaine récoltée au Mali. Thèse de Doctorat en Chimie Organique, Faculté des Sciences & Techniques, Université de Bamako, Bamako. p.72-76.
- 6) Bagher Gholivand M., Piryaei M. (2012). The antioxidant activity, total phenolics and total flavonoids content of *Bryonia dioica* Jacq. *biologija*. 2012. Vol. 58. No. 3. P. 99–105.
- 7) Békro Y.A., Janat A., Békro M., Boua B. B., Trabi F.H., & Éhilé E. (2007). Etude ethnobotanique et screening phytochimique de *caesalpinia benthamiana* (baill.), *herend et zarucchi* (caesalpinaceae). 4(2), 217-225.
- 8) Bruneton J. (2009). Pharmacognosie, phytochimie, plante médicinale. Paris : Lavoisier.

- 9) Dougnon T.V., Bankolé H.S, Klotoé JR, Fah L., Koudokpon H., Dougnon, Dougnon T.J., Addo P, Loko F, & Boko M. (2014). Treatment of hypercholesterolemia : Screening of *Solanum macrocarpon* Linn (Solanaceae) as medicinal plant in Benin.
- 10) Fah L, ., Klotoé J.R, Dougnon V, Koudokpon H, Fanou V.B.A., & Dandjesso C. & Loko F. (2013). Étude ethnobotanique des plantes utilisées dans le traitement du diabète chez les femmes enceintes à Cotonou et Abomey-Calavi (Bénin). 2647-2658.
- 11) Hamia C, Guergab A., Rennane N, Birache M., Haddad M, Saidi M, & yousf M. (2014). Influence des solvants sur le contenu en composés phénoliques et l'activité antioxydante des extraits du *rhanterium adpressium*. *Annales des sciences et technologie*. 6(1). 33-39.
- 12) Han L- K., Zheng Y-N., Masayuki Y., Hiromichi O. et Yoshiyuki K. (2005) Anti-obesity effects of chikusetsusaponins isolated from *Panax japonicus* rhizomes Anti-obesity effects of chikusetsusaponins isolated from *Panax japonicas* rhizomes. *Compl. Alt. Med.*, 5(9), 1 – 10.
- 13) Kebieche M. (2009). Activité biochimique des extraits flavonoïdiques de la plante *Ranunculus repens* L : effet sur le diabète expérimental et l'hépatotoxicité induite par l'Epirubicine. Thèse de Doctorat en Biochimie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Mentouri Constantine, Algérie.
- 14) Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (2016). *Rapport mondial sur le Diabète*. Genève: OMS. 88 p.
- 15) Philippe Rasoanaivo, Ermenegilde Ralaibia, Filippo Maggi, Fabrizio Papa, Sauro Vittori, & Marcello Nicoletti. (2012). Phytochemical investigation of the essential oil from the resurrection plant *Myrothamnus moschatus* endemic to Madagascar. 24(3), 299-304.
- 16) Sofowora, EA (1982) *Plantes médicinales et médecine traditionnelle en Afrique*. John Wiley and Sons Ltd., Hoboken, 64-79.
- 17) Stratton, I. M., Adler, A. I., Neil, H. A. W., et al. (2000). Association of glycaemia with macrovascular and microvascular complications of type 2 diabetes (UKPDS 35): prospective observational study. *Bmj*, 321(7258), 405-412.
- 18) Subash-Babu P., Ignacimuthu S., Agastian P. (2008). Insulin secretagogue effect of *Ichnocarpus frutescence* leaf extract in experimental diabetes: A dose-dependent study. In *Chemico-Biol. interactions*, 172(2): 159-171.

- 19) Surażyński, A., Sienkiewicz, P., Wołczyński, S., & Pałka, J. (2005). Differential effects of echistatin and thrombin on collagen production and prolydase activity in human dermal fibroblasts and their possible implication in β 1-integrin-mediated signaling. In *Pharmacological Research*, 51(3), 217-221.
- 20) Vaghasiya Y. K., Shukla V.J. et Chanda S.V. (2010) Acute oral toxicity study of *Pluchea arguta* Boiss extract in mice. *J. Pharm. Tox.*, 6(2), 113-123.
- 21) Yen G.C., Duh P.D., (1994). Scavenging effect of methanolic extract of peanut hulls on free radical and active oxygen species. In : *J. Agri. Food thec*;42. 629-632.
- 22) Zhang X, Tan BK. (2000). Propriété Antidiabétique de l'extrait éthanolique de *Paniculata* chez les rats rendus diabétiques à la streptozotocine Andrographis, *Acta Sin. Pharmacology*, 21: 157-164.

EVALUATION DE L'ACTIVITE ANTIPALUDIQUE DE L'ECORCE DE TIGE D'*ALBIZIA ARENICOLA* CONTRE *PLASMODIUM YOELII*

par

RASOANAIVO Honintsoa R.^(1, 2), RAVAOARISOA Elisabeth⁽²⁾,
ANDRIANARANJAKA Voahangy⁽²⁾, RAZAFIARIMANGA Zara⁽²⁾,
RANDRIAMAMPIANINA Lovarintsoa⁽²⁾, JEANNODA Victor⁽²⁾,
RANDRIANARIVO Ranjàna⁽²⁾, RAKOTO Danielle A.⁽²⁾,

(1) Laboratoire de Biothérapie de l'Institut Malgache de Recherches Appliquées (IMRA), Antananarivo, Madagascar

(2) Laboratoire de Biochimie Appliquée aux Sciences Médicales (LABASM), Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, Madagascar

FINTINA

Ny tazomoka dia olana eo amin'ny fahasalamam-bahoaka eto Madagasikara. *Albizia arenicola*, zava-maniry ao anatin'ny fianakaviana « Fabaceae » dia ampiasain'ny vahoaka Malagasy itsaboana io aretina io. Mba ahafahana manaporofony ny fampiasana nentim-paharazana, dia natao « in vivo » teo amin'ny katsentsitra totozy *Plasmodium yoelii* ny hoditra tahon'i *Albizia arenicola*. Karazana taharo anankiroa no namboarina, taharo avy amin'ny rano na « fraction aqueuse » sy taharo avy amin'ny dichlorométhane na « fraction dichlorométhane ». Nojerena raha manala tanteraka na mapihena ny katsentsitra *Plasmodium yoelii*, ireo taharo roa ireo araka ny teknika « test suppressif de Peters ». Nohadihadiana ihany koa ny « fanapoizinana » eo amin'ny totozy raha atelina io zava-maniry io. Ny « extrait brut » dia nahitana ireto singa manaraka ireto « alcaloïdes », « tanins hydrolysables », « stérols insaturés », « désoxyoses » ary « saponines ». Ny taharo nalaina avy amin'ny rano na « fraction aqueuse » dia nahitana fa manana hery manasitrana ny tazomoka « *P. yoelii* » ary mampidina ny tahan'ny katsentsitra manomboka amin'ny 54% ± 1,4% ho an'ny fatra 50 mg/kg hatramin'ny 71% ± 0,4% ho an'ny fatra 500 mg/kg ($p < 0,05$). Ny taharo nalaina avy amin'ny « dichlorométhane » na « fraction dichlorométhane » dia nahitana ihany koa fa manana hery manasitrana ny tazomoka « *P. yoelii* » ary mampidina ny tahan'ny katsentsitra manomboka amin'ny de 30% ± 1,5% ho an'ny fatra 50 mg/kg hatramin'ny 40% ± 0,4% ho an'ny fatra 500 mg/kg ($p < 0,05$). Ny fatra mahafaty ny totozy kosa, raha atelina, dia mihoatra ny 2 g/kg. Voaporofony ara-tsiansa ary izany ny fampiasana nentim-paharazana ny *Albizia arenicola* hitsaboana ny tazomoka. Mila fantarina kosa amin'ny ho avy ireo singa mahatonga izany.

Teny fototra : *Albizia arenicola*, Ody tazomoka, Fabaceae, Mampidina ny tahan'ny katsentsitra, *Plasmodium yoelii*

RESUME

Le paludisme est un problème de santé publique à Madagascar. *Albizia arenicola*, plante endémique de la famille des Fabaceae, est utilisée par la population Malagasy pour soigner cette maladie. L'activité antipaludique *in vivo* de l'écorce de tige d'*Albizia arenicola* contre *Plasmodium yoelii* a été étudiée afin de valider son utilisation traditionnelle. Deux fractions, aqueuse et dichlorométhane ont été préparées par fractionnement liquide-liquide du macérat hydroéthanolique de la poudre de l'écorce de tige. L'activité antipaludique contre *Plasmodium yoelii* des deux fractions a été évaluée en utilisant le test suppressif de Peters chez les souris. Quatre doses allant de 50 à 500 mg/kg ont été utilisées. La toxicité aiguë par voie orale a été également évaluée chez les souris. Les résultats du criblage phytochimique de l'extrait brut a révélé la présence d'alkaloïdes, de tanins hydrolysables, de stérols insaturés, de désoxyoses et de saponines. La fraction aqueuse présente une activité antipaludique dose-dépendante dirigée contre *P. yoelii* et réduit la croissance parasitaire de manière significative de $54\% \pm 1,4\%$ pour la dose 50 mg/kg et à $71\% \pm 0,4\%$ pour la dose 500 mg/kg ($p < 0,05$). La fraction dichlorométhane présente également une activité antipaludique dose-dépendante dirigée contre *P. yoelii* et réduit la parasitémie de $30\% \pm 1,5\%$ pour la dose 50 mg/kg et à $40\% \pm 0,4\%$ pour la dose 500 mg/kg ($p < 0,05$). La dose létale de 50% sur les souris est supérieure à 2 g/kg. L'utilisation empirique est donc vérifiée. Dans l'avenir, les molécules actives seront isolées et identifiées.

Mots clés : *Albizia arenicola*, Antipaludique, Criblage phytochimique, Fabaceae, Inhibition de parasitémie, *Plasmodium yoelii*

ABSTRACT

Malaria is a public health concern in Madagascar. *Albizia arenicola*, an endemic plant from the Fabaceae family, is used by Malagasy populations to treat this disease. The antimalarial activity *in vivo* of the stem bark of *Albizia arenicola* against *Plasmodium yoelii* was evaluated in order to validate its traditional use. Two fractions, aqueous and dichloromethane were prepared by liquid-liquid fractionation of the stem bark powder hydroethanolic macerate. The phytochemical analysis was carried out on the raw extract. The *in vivo* antimalarial activity against *Plasmodium yoelii* of these fractions was evaluated using the Peters suppressive test in mice. Four doses, 50 to 500 mg/kg were used. The acute oral toxicity test was also evaluated. Phytochemical screening revealed the presence of alkaloids, hydrolyzable tannins,

unsaturated sterols, desoxyoses and saponins. The aqueous fraction exhibited dose-dependent antimalarial activity against *P. yoelii* and reduced significantly parasite growth ranging from 54%± 1.4% for the 50 mg/kg dose to 71%± 0.4% for the 500 mg/kg dose ($p<0.05$). The dichloromethane fraction exhibited also an antimalarial activity dose-dependent directed against *P. yoelii* in mice and reduced parasitemia ranging from 30%± 1.5% for the 50 mg/kg dose to 40%± 0.4% for the 500 mg/kg dose ($p<0.05$). The lethal dose 50% was greater than 2g/kg. The traditional use was thus confirmed. In the future, its active compounds will be screened and assessed.

Key Words : *Albizia arenicola*, Antimalarial, Phytochemical screening, Fabaceae, Inhibition of parasitemia, *Plasmodium yoelii*

INTRODUCTION

Le paludisme constitue un problème de santé publique mondiale. Selon l’OMS, le nombre de cas de paludisme a été estimé à 228 millions avec 405 000 décès associés dans le monde en 2018. Leur majorité survient en Afrique, avec environ 94% des décès enregistrés. Dans la plupart des cas, les enfants de moins de cinq ans sont les plus exposés à la mortalité palustre due à *Plasmodium falciparum* (OMS, 2019). La quinine, isolée de la plante *Cinchona sp*, originaire d’Amérique latine est utilisée actuellement pour la prise en charge des accès palustres graves. La chloroquine a été le traitement de choix du paludisme pendant près de 60 ans (Coatney, 1963). Cependant, suite à la diffusion générale de la résistance à ce médicament et/ou aux autres antipaludiques, l’artémisinine, extraite de la plante asiatique *Artemisia annua*, est recommandée en combinaison avec d’autres molécules antipaludiques pour le traitement en première intention du paludisme non compliqué (OMS, 2010). L’utilisation des plantes médicinales occupe une place importante en Afrique. La majorité des peuples africains (70-80%), y compris la population Malagasy, consultent des tradipraticiens pour se soigner (Rabesa, 1986 ; Mpondo et al., 2012). Cependant, la validation scientifique de ces remèdes traditionnels est rare. Ainsi, l’OMS recommande des études sur leur innocuité et leur efficacité avant leur intégration dans l’arsenal thérapeutique (OMS, 2013). A Madagascar, *Albizia arenicola*, une Fabacée connue sous le nom vernaculaire d’Alimboro, est une plante endémique largement répandue dans la partie occidentale de l’île. Elle est utilisée en médecine traditionnelle pour traiter les infections microbiennes et le paludisme (Randrianarivo, 1996 et 2003 ; Mounidati, 2009). Aucune évaluation de l’activité antiplasmodiale n’a été effectuée sur les écorces de tige d’*Albizia arenicola*. La présente étude a pour objectif d’isoler les principaux composants chimiques contenus dans l’écorce de tige, à évaluer la toxicité et l’activité antiplasmodiale *in vivo* contre *Plasmodium yoelii* afin de valider son utilisation traditionnelle.

MATERIELS ET METHODES

Préparation des extraits à tester

Cent cinquante (150) grammes de poudre d'écorce d'*A. arenicola* ont été macérés dans de l'éthanol 80 % à température ambiante pendant 24 h, puis la suspension a été filtrée et évaporée à l'aide d'un évaporateur rotatif Büchi à 42°C. L'extrait brut ainsi obtenu a subi un procédé de fractionnement liquide-liquide utilisant 3 solvants : l'hexane, la dichlorométhane et l'acétate d'éthyle.

Le même procédé a été utilisé pour la préparation de l'extrait brut de la poudre d'écorce de *Cinchona ledgeriana*, l'arbre qui est à l'origine de la chloroquine, utilisé comme témoin positif pour les tests *in vivo*.

Criblage phytochimique

La détermination des grandes familles chimiques a été effectuée en utilisant la méthode développée par Firdouse (Firdouse et Alam, 2011).

Evaluation de la toxicité aigüe chez la souris

La toxicité aigüe de l'extrait brut d'*Albizia arenicola* a été évaluée en utilisant 4 lots de 3 souris chacun. Ainsi, les doses de 500, 1 000 et 2 000 mg/kg d'extraits bruts ont été administrés par voie orale en une seule prise pour les 3 lots. Par ailleurs, de l'eau distillée a été administrée au lot témoin.

Les souris ont été surveillées pendant 24 h au cours desquelles les signes d'intoxication et le nombre de souris décédées dans chaque groupe a été noté. A l'issue de la détermination de la Dose Létale 50% (DL50 24h) le niveau de toxicité a été classé selon l'échelle de Hodge et Sterner (Hodge et Sterner, 1943).

Etude de l'activité antipaludique *in vivo* des extraits d'*Albizia arenicola*

Le test suppressif de Peters a été utilisé pour l'évaluation de l'activité antipaludique des fractions dichlorométhane (F DCM) et aqueuse (F AQ) de l'écorce d'*Albizia arenicola*. Ce test consiste à administrer chez les souris les extraits à tester pendant 3 jours successifs (J1 à J3), l'inhibition de la croissance parasitaire est déterminée le quatrième jour (J4) en effectuant une microscopie. Au J0, 10⁴ de *Plasmodium yoelii* a été inoculé par voie intra-péritonéale à toutes les souris (Peters 1965 ; Ishih *et al.*, 2003 ; Teklemichael *et al.*, 2020). Si la parasitémie est de 1 à 2% au J1, le traitement est administré. Les souris sont réparties aléatoirement par lots de 4. Pour chaque test deux lots témoins ont été utilisés : le lot témoin positif constitué de souris traitées par 100 mg/kg d'extrait brut de *Cinchona ledgeriana* et le lot témoin négatif constitué de souris traitées à l'eau distillée. Pendant 3 jours consécutifs (J1, J2, J3), 4 lots de souris reçoivent une fois par jour les fractions à

tester avec 4 doses différentes : 500 mg/kg, 250 mg/kg, 100 mg/kg et 50 mg/kg. Le traitement a été administré par voie orale à la même heure. Au quatrième jour (J4), des frottis minces à partir de la goutte de sang caudale de chaque souris ont été réalisés pour déterminer la parasitémie. La croissance parasitaire a été suivie par l'examen microscopique de frottis sanguins en utilisant la coloration de *May-Grünwald-Giemsa*.

Le pourcentage de la parasitémie a été calculé à l'aide de la formule : (Nombre d'hématies parasitées / Nombre total d'hématies comptées) x 100. La moyenne du pourcentage d'inhibition de la parasitémie (% I) par rapport au témoin non traité est donné par la formule : (Parasitémie moyenne GNT- Parasitémie moyenne GT) / (Parasitémie moyenne GNT) X 100, où GNT est le Groupe Non Traité (témoin négatif) et GT le Groupe Traité. Le nombre de souris décédées et survivantes ont été enregistrés durant la période de test de 28 jours.

Analyse statistique

Les résultats obtenus ont été analysés à l'aide du logiciel XLSTAT version 2014.5.03, en utilisant le test de Tukey HSD qui est une variante du test ANOVA. Les valeurs sont considérées comme significatives lorsque la valeur de la probabilité p est inférieure à α (où $\alpha = 0,05$; $p < 0,05$).

RESULTATS

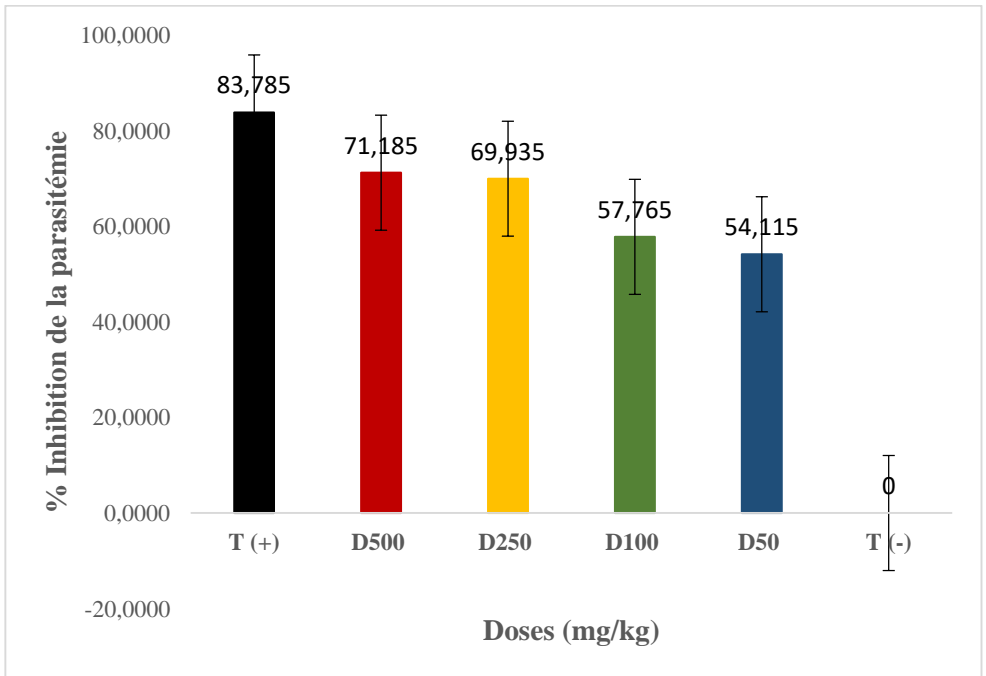
D'après le criblage phytochimique, les principales substances chimiques présentes dans l'extrait brut de l'écorce de tige d'*Albizia arenicola* sont les alcaloïdes, les tanins hydrolysables, les stérols insaturés, les désoxyoses et les saponines.

En ce qui concerne Pour le test de toxicité aiguë, quelques symptômes d'intoxications sont observés comme : l'hypoactivité, la somnolence, une piloérection mais qui disparaissent quelques heures après l'administration. Aucune souris n'est décédée jusqu'à l'administration de la dose de 2 000 mg/kg, la DL50 est donc supérieure à 2 000 mg/kg. Selon l'échelle de Hodge et Sterner, l'extrait brut d'*Albizia arenicola* est faiblement toxique.

L'inhibition de la parasitémie chez les souris traitées par l'extrait de *Cinchona ledgeriana* est de 84%. Les fractions aqueuse et dichloromethane d'*A. arenicola* présentent une activité antipaludique de dose-dépendante ($p < 0,05$) dirigée contre *P. yoelii* chez la souris. Pour la F AQ, toutes les doses testées sont capables de réduire la croissance parasitaire de manière significative allant de $54\% \pm 1,4$ pour la dose 50 mg/kg à $71\% \pm 0,4$ pour la dose 500 mg/kg (Figure 1). Pour la F DCM, toutes les

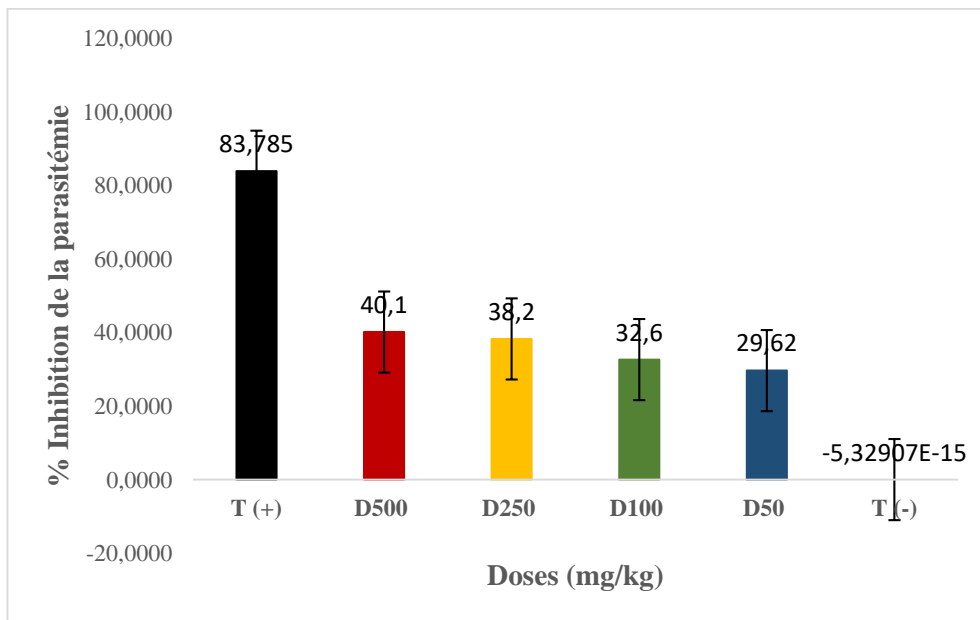
doses testées sont aussi aptes à diminuer la croissance parasitaire, allant de $30\% \pm 1,5$ pour la dose de 50 mg/kg à $40\% \pm 0,4$ pour la dose de 500 mg/kg (Figure 2).

Toutes les souris testées avec les doses de 50 mg/kg et de 100 mg/kg de la F AQ sont mortes entre le 12^{ème} et le 18^{ème} jour, alors que 25% des souris testées avec une dose de 250 mg/kg et 38% de celles testées avec 500 mg/kg survivent jusqu'au 28^{ème} jour du test. En revanche, les souris traitées avec F DCM sont toutes décédées entre le 12^{ème} et le 18^{ème} jour du test (Tableau 1).



T (+) : témoin positif 100 mg/kg de *Cinchona ledgeriana* ; T (-) : témoin négatif

Figure 1 : Pourcentage d'inhibition de la croissance de *P. yoelii* par la fraction aqueuse



T (+) : témoin positif 100 mg/kg de *Cinchona ledgeriana* ; T (-) : témoin négatif

Figure 2 : Pourcentage d'inhibition de la croissance de *P. yoelii* par la fraction dichlorométhane

Tableau 1 : Pourcentage des souris survivantes

Jours	J4	J6	J8	J10	J12	J14	J16	J18	J28
%Souris Survivantes									
T (-)	100%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
T (+)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
D 50 AQ	100%	100%	100%	100%	75%	25%	13%	0%	0%
D 100 AQ	100%	100%	100%	100%	100%	62%	13%	0%	0%
D 250 AQ	100%	100%	100%	100%	100%	100%	62%	25%	25%
D 500 AQ	100%	100%	100%	100%	100%	100%	75%	38%	38%
D 50 DCM	100%	100%	100%	100%	62%	25%	13%	0%	0%
D 100 DCM	100%	100%	100%	100%	62%	38%	13%	0%	0%
D 250 DCM	100%	100%	100%	100%	75%	50%	13%	0%	0%
D 500 DCM	100%	100%	100%	100%	75%	50%	13%	0%	0%

T (-) : témoin négatif ; T (+) : témoin positif ; D : dose en mg/kg ; AQ : aqueuse ; DCM : dichlorométhane

DISCUSSION

L'écorce de tige d'*A. arenicola* a montré la présence d'alcaloïdes, de tanins hydrolysables, de saponines, de stérols insaturés et de désoxyoses. Ces substances chimiques ont diverses propriétés pharmacologiques, en particulier les alcaloïdes (Dua et al., 2013; Graziose et al., 2011) et les saponines (Ginsburg et al., 1994 ; Barliana et al., 2014) qui sont dotés d'activité antiplasmodiale. Il est donc possible que l'activité antipaludique de l'écorce d'*A.arenicola* soit due à l'effet individuel ou synergique de ces composants. Selon les études antérieures effectuées sur cette plante, son amande de graines contiendrait des saponines (Randrianarivo, 2003) alors que des alcaloïdes, des triterpènes et des stérols insaturés ont été trouvés dans les téguments de graines (Mounidati, 2009). Par ailleurs, des alcaloïdes, des saponosides, des désoxyoses et des leucoanthocyanes seraient présents dans les feuilles (Rakotomalala, 2012) tandis que des triterpènes et des stérols insaturés ont été détectés dans les cosses (Randriamidosy, 2018).

Les résultats du test de toxicité aiguë indiquent que l'administration jusqu'à 2 000 mg/kg d'extrait brut par voie orale n'a pas entraîné de décès chez les souris pendant 24 h. La DL50 est donc supérieure à 2 000 mg/kg. Ainsi, le macérat hydroalcoolique peut être considéré comme faiblement toxique selon la classification du niveau de toxicité par voie orale établie par Hodge et Sterner. Son congénère *A. lebeck* présentait une DL50 supérieure à 5 000mg/kg (Shagun et al., 2015). Ces observations expliquent l'usage traditionnel de ces plantes.

Les deux fractions testées, aqueuse et dichlorométhane, inhibent de manière significative avec une dose dépendante ($p < 0,05$), la croissance de *Plasmodium yoelii in vivo*. En outre, diverses études ont déjà montré que des plantes de la famille des Fabaceae comme *Abrus precatorius*, *Caesalpinia bonduc*, *Dichrostachys cinerea*, *Prosopis juliflora* sont réputées pour leurs vertus antipaludiques et de ce fait, utilisées en médecine traditionnelle dans divers pays (Gallé et al., 2014 ; Rakotonandrasana et al., 2017 ; Kweyamba et al., 2019 ; Batista et al., 2018). Les études réalisées par *A. lebeck* ont aussi montré que cette espèce appartenant au même genre possède également une activité antipaludique aussi bien *in vitro* qu'*in vivo* (Shagun et al., 2015).

Cependant, l'inhibition de la parasitémie de la F DCM est plus faible par rapport à l'activité de la F AQ où 38% des souris traitées avec une dose de 500 mg/kg ont survécu jusqu'au 28^{ème} jour du test et 25% avec une dose de 250 mg/kg, mais toutes les souris traitées avec la dose 100 et 50 mg/kg n'ont pas survécues à l'infection, leurs temps de survie ont été significativement prolongés (jusqu'à J16). Cela pourrait probablement être dû à la faiblesse de la dose ou à la faible biodisponibilité de la fraction aqueuse par voie orale chez les souris. Par contre,

toutes les souris traitées avec F DCM sont décédées entre le 12^{ème} et le 18^{ème} jour de suivi. Cela pourrait être expliqué par l'hétérogénéité des principes actifs présents dans la F AQ et la F DCM durant le partage liquide-liquide. Le solvant dichlorométhane extrait les composés peu polaires. Ainsi, l'activité antipaludique de l'écorce d'*A. arenicola* pourrait être dû à des composés plus polaires. Il serait donc intéressant de détecter et d'isoler les composés actifs présents dans les fractions aqueuse et dichlorométhane pour confirmer cette hypothèse.

Par ailleurs, toutes les doses utilisées n'entraînent pas la clairance totale de *P. yoelii* aussi bien pour la F AQ que pour la F DCM. En effet, la fraction isolée pourrait avoir une activité pharmacologique moindre que l'extrait brut (Ginsburg et al., 2011). Il serait alors intéressant d'observer l'efficacité *in vitro* et/ou *in vivo* de l'extrait brut ou d'autres organes de la plante.

CONCLUSION

Cette étude décrit pour la première fois l'analyse préliminaire des principaux composés chimiques de l'écorce de tige d'*A. arenicola*. Les fractions aqueuse et dichlorométhane ont une activité antipaludique notamment contre *Plasmodium yoelii*. L'extrait brut est faiblement toxique. Ainsi, cette étude valide l'utilisation traditionnelle d'*A. arenicola* comme antipaludique à Madagascar. Ces résultats suggèrent également que l'écorce d'*A. arenicola* pourrait être utilisée pour le développement de nouvelles molécules antipaludiques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) Barliana.M.I., Suradji.E.W., Abdulah.R. (2014). Antiplasmodial properties of kaempferol-3-O-rhamnoside isolated from the leaves of *Schima wallichii* against chloroquine-resistant *Plasmodium falciparum*, In *Biomedical Reports*. 2 (4) : 579-583.
- 2) Batista R., Clarissa C.S., Alene V.A.Z, Marcia S., Jose L., Alberto M.S., Marcos A.V. (2018). *In vivo* antimalarial extracts and constituents of *Prosopis juliflora* (Fabaceae). In *Journal of Functional Foods*. 44 : 74-78.
- 3) Dua V. K., Verma G., Singh B., Rajan A., Bagai U., Agarwal D. D., et al. (2013). Anti-malarial property of steroidal alkaloid conessine isolated from the bark of *Holarrhena antidysenterica*. In *Malaria Journal*. 12 : 194.
- 4) Firdouse S., Alam P. (2011). Phytochemical investigation of extract of *Amorphophallus campanulatus* tubers. In *International Journal of Phytomedicine*. 3 : 32-35.
- 5) Gallé JB., Groeber S, Ledoux A., Nicolas J.P. (2014). Quelques plantes employées dans le Sud-Ouest de Madagascar. Editions Jardins du Monde.

- 6) Ginsburg H, Deharo E. A. (2011). Call for using natural compounds in the development of new antimalarial treatments-an introduction. In *Malaria Journal*. 10 (1) : 1.
- 7) Ginsburg.H and ATamna.H. (1994). The redox status of malaria infected erythrocytes : an overview with an emphasis on unresolved problems. In *Parasite*. 1 (1) : 5-13.
- 8) Graziose R., Rathinasabapathy T., Lategan C., Poulev A., Smith P.J., Grace M., et al. (2011). Antiplasmodial Activity of *Aporphine Alkaloids* and Sesquiterpene Lactones from *Liriodendron tulipifera* L. In *Journal of Ethnopharmacologie*. 133 (1) : 26-30.
- 9) Hodge H.C., Sterner J.H. (1943). Determination of substances acute toxicity by LD50. In *American Industrial Hygien Association*. 10 : 93.
- 10) Ishih A, Miyase T, Ohori K, Terada M. (2003). Different responses of three rodent Plasmodia species, *Plasmodium yoelii* 17XL, *P. berghei* NK65 and *P. chabaudi* AS on treatment with febrifugine and isofebrifugine mixture from *Hydrangea macrophylla* var. Otaksa leaf in ICR mice. In *Phytotherapy Research*. 17(6):650-6.
- 11) Kweyamba P.A., Zofou D., Noella Efange N., Jules-Clement N. Assob J.N., Kitau J., et al. (2019). *In vitro* and *in vivo* studies on anti-malarial activity of *Commiphora africana* and *Dichrostachys cinerea* used by the Maasai in Arusha region, Tanzania. In *Malaria Journal*. 18 : 119.
- 12) Mounidati E.B.M. (2009). Purification et caractérisation partielle des principes antimicrobiens des téguments de graines d'*Albizia arenicola*. Mémoire de DEA. Faculté des Sciences. Université d'Antananarivo. 72.
- 13) Mpondo M. E., Dibong D. S., Priso R. J., Ngoye A., Ladoh Y.C.F. (2012). Etat actuel de la médecine traditionnelle dans le système de santé des populations rurales et urbaines de Douala(Cameroun). In *Journal of Applied Biosciences*. 55 : 4036-4045.
- 14) Peters W. (1965). Drug resistance in *Plasmodium berghei* I. Chloroquine resistance. In *Experimental Parasitology*. 17 : 80-89.
- 15) Rabesa Z.A. (1986). Préface à l'ouvrage pharmacopée de l'Alaotra. Antananarivo : Edition Fanantonana.
- 16) Rakotomalala A.T. (2012). Etudes chimique et toxicologique des extraits de feuilles d'*Albizia arenicola* (Fabaceae). Mémoire de DEA. Faculté des Sciences. Université d'Antananarivo. 63.
- 17) Rakotonandrasana S.R., Rakotondrafara A., Rakotondrajaona R., Rasamison V., Ratsimbason M. (2017). Plantes médicinales des formations végétales de la baie

- de Rigny Antsiranana à Madagascar. In *Bois et Forêts des Tropiques*. 331 (1) : 7-17.
- 18) Randriamidossy F.M. (2018). Etudes chimique et toxicologique des extraits de cosces d'*Albizia arenicola*, une fabaceae endémique de Madagascar. Mémoire de Master. Faculté des Sciences. Université d'Antananarivo. 50.
19. Randrianarivo H.R. (1996). Purification et caractérisation partielle des principes actifs d'*Albizia arenicola* (Mimosoideae-Fabaceae). Mémoire de DEA. Faculté des Sciences. Université d'Antananarivo. 83.
- 20) Randrianarivo H.R. (2003). Isolement, caractérisation chimique et biologique des principes toxiques d'*Albizia arenicola* (Mimosoideae-Fabaceae). Thèse de Doctorat. Faculté des Sciences. Université d'Antananarivo. 159.
- 21) Shagun K., Neha S.W., Upma B. (2015). Antimalarial efficacy of *Albizia lebbek* (Leguminosae) against *Plasmodium falciparum* *in vitro* & *P. berghei* *in vivo*. In *Indian Journal of Medical Research*. 142 : 101-107.
- 22) Teklemichael AA, Mizukami S, Toume K, Mosaddeque F, Kamel MG, Kaneko O, Komatsu K, Karbwang J, Tien Huy N, Hirayama K. (2020). Anti-malarial activity of traditional Kampo medicine *Coptis* rhizome extract and its major active compounds. In *Malaria Journal*. 8;19(1) : 204.
- 23) OMS, (2010). Prévention et traitement du paludisme à *Plasmodium falciparum* résistant à l'artémisinine : mise à jour à l'intention des voyageurs internationaux. 85 : 195-196.
- 24) OMS, (2013). Traditional medicine strategy : 2014–2023. Geneva : World Health Organization.
25. OMS, (2019). World Malaria Report (WMR).

ACTIVITES ANTIPLASMODIALE ET LAXATIVE DES EXTRAITS DE GRAINES D'*ALBIZIA BERNIERI* (FABACEAE)

par

RAKOTONANDRASANA Maminaiaina F.^(1, 3), RAZAFIARIMANGA Zara^(1, 2),
RANDRIAMAMPIANINA Lovarintsoa J.^(1, 2), RAMAROSON Roseline^(1, 2),
RAVAOARISOA Elisabeth^(1, 2), RANDRIANARIVO Hanitra R.⁽¹⁾,
RATSIMBASON Michel⁽³⁾,

(1) Laboratoire de Biochimie Appliquée aux Sciences Médicales (LABASM), Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, Madagascar

(2) Ecole doctorale Sciences de la vie et de l'Environnement, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, Madagascar

(3) Centre National d'Application de Recherches Pharmaceutiques, Antananarivo, Madagascar

RESUME

Les remèdes traditionnels notamment le « Raokandro malagasy » font partie intégrante de la culture malgache aussi bien en milieu urbain qu'en milieu rural. *Albizia bernieri* est l'une des 24 espèces endémiques de Madagascar de ce genre. Les enquêtes ethnobotaniques ont révélé que cette plante est utilisée pour traiter la fièvre et la constipation. L'activité antiplasmodiale *in vitro* des extraits de graines de la plante contre *Plasmodium falciparum* a été évaluée sur la souche FCM 29 résistante à la chloroquine et l'activité sur la motricité intestinale sur l'iléon isolé de cobaye. Ces activités ont été étudiées afin d'apporter une arrière base scientifique dans l'utilisation empirique de la plante. Les extraits aqueux et méthanolique ont été préparés par lixiviation avec des solvants à polarité croissante. L'inhibition de la parasitémie *in vitro* a été évaluée par la méthode de la fluorescence du complexe double-brin. ADN-SybrGreen I. L'activité contracturante sur l'iléon de cobaye a été réalisée suivant la technique de BARKER. Le criblage phytochimique effectué sur la poudre de graines a montré la présence des saponosides et d'alcaloïdes. La concentration inhibitrice de 50% de la croissance du *Plasmodium falciparum* est de l'ordre de 7,63 µg/ml. L'extrait aqueux a une activité contracturante à 1 mg/ml et l'extrait méthanolique de 0,125 à 0,5 mg/ml. Ces résultats préliminaires apportent une part de confirmation de l'usage traditionnel de la plante. La suite de ce travail consistera à évaluer l'activité toxique, confirmer l'effet laxatif, sur le transit intestinal. Les molécules responsables de ces activités seront isolées et identifiées.

Mots clés : *Albizia bernieri*, Antiplasmodiale, Criblage phytochimique, Fabaceae, Iléon isolé, Inhibition de la parasitémie, *Plasmodium falciparum*, Madagascar

ABSTRACT

Traditional remedies including "Raokandro Malagasy" are an integral part of Malagasy culture in both urban and rural areas. *Albizia bernieri* is one of the 24 endemic species of Madagascar in this genus. Ethnobotanical surveys have revealed that this plant is used to treat fever and constipation. The in vitro antiplasmodial activity of plant seed extracts against *Plasmodium falciparum* was evaluated on the chloroquine resistant strain FCM 29 and the activity on intestinal motility with the isolated guinea pig ileum. These activities have been studied in order to provide a scientific basis for the empirical use of the plant. The aqueous and methanolic extracts were prepared by lixiviation with solvents of increasing polarity. Inhibition of parasitaemia in vitro was evaluated by the fluorescence method of the double-stranded complex DNA-SybrGreenI. The contracting activity was carried out using the BARKER technique. Phytochemical screening performed on the seed powder showed the presence of saponosides and alkaloids. The 50% inhibitory concentration of the growth of *Plasmodium falciparum* is of the order of 7.63 $\mu\text{g} / \text{ml}$. The aqueous extract has a contracting activity at 1 mg / ml and the methanolic extract at 0.125 to 0.5 mg / ml. These preliminary results provide some confirmation of the traditional use of the plant. The rest of this work will consist in evaluating the toxic activity, confirming the laxative effect, on intestinal transit. The molecules responsible for these activities will be isolated and identified.

Key words : *Albizia bernieri*, Antiplasmodial, Fabaceae, Inhibition of parasitemia, Isolated ileum, Phytochemical screening, *Plasmodium falciparum*, Madagascar

INTRODUCTION

Depuis toujours, les plantes ont occupé une place importante dans la vie de l'homme. En effet, avant la venue des médecins, les plantes furent les seuls recours pour se soigner (Boiteau, 1979). A Madagascar, pour la majorité de la population, en particulier celle qui vit dans les zones reculées, par le manque d'assistance médicale et le faible pouvoir d'achat, la médecine traditionnelle reste le seul moyen thérapeutique. Cependant, l'OMS recommande des études scientifiques sur leur innocuité et leur efficacité avant leur intégration dans l'arsenal thérapeutique (WHO, 2013).

Diverses parties d'une plante (écorces de racine et de tige, feuilles, fruits, graines et tubercules) sont utilisées pour la préparation de ces recettes médicamenteuses sous différentes formes : décoction, infusion, macération, pétrissage, pilage, pulvérisation, ramollissement, torréfaction, trituration. Cependant, depuis le début du XXème siècle, grâce à l'évolution des connaissances scientifiques notamment en botanique, biochimie et pharmacologie, de nombreuses molécules bioactives ont pu être isolées et identifiées.

Le genre *Albizia* figure parmi les plantes les plus étudiées grâce à ses multiples vertus thérapeutiques. Les travaux visent à contribuer aux études chimiques et toxicologiques des graines d'*Albizia bernieri* et ceci dans le but d'enrichir les connaissances sur cette plante et à valider scientifiquement ses utilisations empiriques.

MATERIELS ET METHODES

Préparation du matériel végétal

Les fruits secs (Figure 1) d'*Albizia bernieri* ont été récoltés en juin 2015 dans la localité d'Andranofasika dans le Nord-Ouest de Madagascar (Région Boeny) pendant la période de fructification. Ils sont ensuite réduits en poudre après broyage suivi de tamisage.



Source : RANDRIAMAMPIANINA, 2015

Figure 1 : Feuilles et gousses d'*Albizia bernieri*

Extraction

Deux cent cinquante grammes de poudre de graines ont été extraits successivement avec de l'hexane (3 x 500 ml) et du méthanol (3 x 500 ml).

Fractionnement par le n-butanol

Treize grammes de l'extrait issu de l'extraction avec le méthanol ont été dissous dans 100 ml d'eau distillée et fractionnés avec du n-butanol de même volume. L'opération a été répétée trois fois (Figure 2).

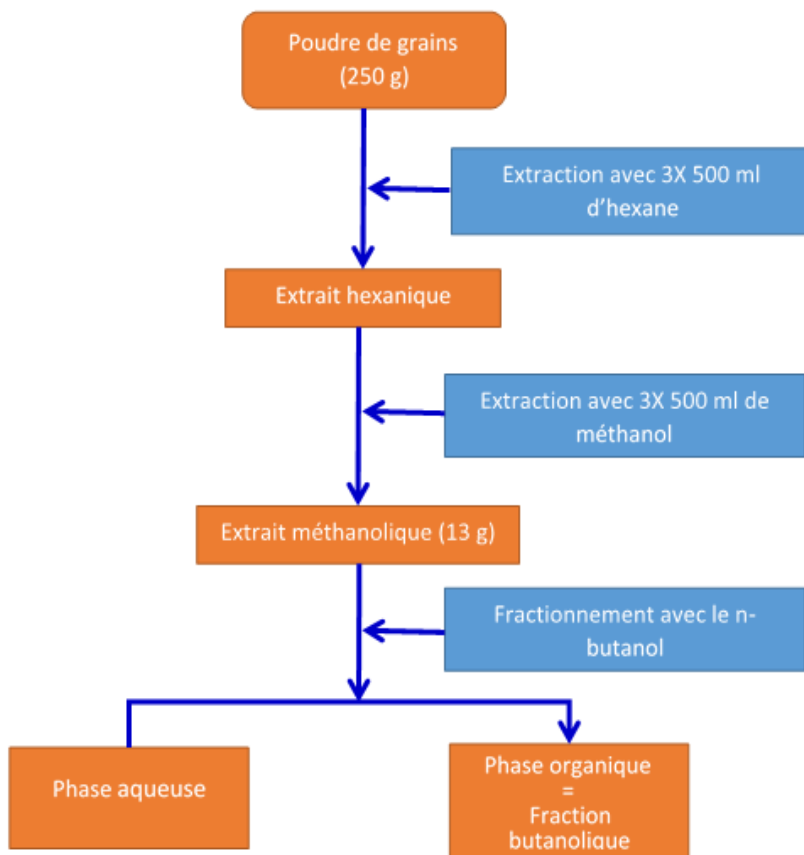


Figure 2 : Schéma récapitulatif de l'extraction et des étapes de la purification

Criblage phytochimique

La détermination des grandes familles chimiques contenues dans les graines d'*Albizia bernieri* a été effectuée selon les méthodes utilisées par Firdouse et Alam (2011).

Détermination de l'activité antiplasmodiale

La souche qui a été utilisée est une souche FCM29 de *Plasmodium falciparum* résistante à la chloroquine.

Les parasites des globules rouges humains du groupe sanguin O⁺ ont été maintenus en culture continue suivant la technique de Trager et Jensen (1976). Ils ont ensuite été mis en contact avec des concentrations décroissantes des extraits à tester dans des microplaques à 96 puits durant 72 heures. Pour la lecture, 50 µl de solution de SYBR Green I (diluée 20 fois dans un milieu RPMI 1640 supplémentée avec du sérum humain) ont été ajoutés. La fluorescence a été lue à 485 nm/518 nm avec un lecteur microplaque Biotek FLX800.

Le taux de fluorescence a été considéré comme proportionnel à la quantité de *P. falciparum* de chaque puits. Les valeurs d'IC50, les concentrations d'extraits qui réduisent de 50% le taux de fluorescence (donc de la croissance), ont été ensuite déduites par calcul.

Test de l'activité contracturant sur l'iléon isolé de cobaye

L'iléon a été prélevé puis placé dans une boîte de Petri contenant une solution de KREBS-HENSLEIT modifiée, maintenue à 37°C.

L'organe a été découpé en anneau de 7mm puis monté dans la cuve à organe isolé de l'appareil de KONZETT-HESLER. La cuve a été remplie d'une solution de KREBS-HENSLEIT modifiée, aérée avec du carbogène (95% d'O₂ et 5% de CO₂) et maintenue à la température constante de 37°C.

Les extraits aqueux et méthanoliques dilués de façon à avoir différentes concentrations ont ensuite été injectés à la cuve. Après chaque injection l'organe a été lavé plusieurs fois avec la solution de KREBS-HENSLEIT pour éviter les résidus.

La préparation a ensuite été placée sous la tension de base de 0,25 g et équilibrée pendant 30 minutes durant laquelle elle a été rincée toutes les dix minutes.

Toutes variations de la tension de l'organe ont été captées par un capteur isométrique relié à un enregistreur.

RESULTATS

Rendements d'extraction

Les rendements des extraits obtenus ont été respectivement de **1,8 %** (soit 4,5 g d'extrait hexanique) et **16,02%** (soit 40,05 g d'extrait méthanolique).

Criblage phytochimique

D'après le criblage phytochimique, les principales substances chimiques présentes dans la poudre de graines d'*A. bernieri* sont les alcaloïdes, les glycosides cardiotoniques, les tanins et autres polyphénols, les stérols insaturés, les désoxyoses, les saponines et les quinones. Les stéroïdes, les stérols insaturés et les quinones n'ont pas été retrouvés dans l'extrait méthanolique. Les résultats sont montrés dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Résultats du criblage phytochimique sur la poudre et l'extrait méthanolique des graines d'*A. bernieri*

FAMILLES CHIMIQUES	TESTS	RESULTATS	
		Poudre	Extrait méthanolique
Alcaloïdes	Mayer	+	+
	Wagner	+	+
	Dragendorff	+	+
Désoxyoses	Keller-Kiliani	+	+
Flavonoïdes	Willstätter	-	-
Iridoïdes	HCl à chaud	-	-
Leucoanthocyanes	Bate-Smith	-	-
Saponines	Test de mousse	+	+
	Hémolytique	+	+
Glycosides cardiotoniques	Keller-Kiliani	+	+
Glycosides cyanogénétiques	Grignard	-	-
Lactones insaturés	Kedde	-	-
Coumarines	Toluène / AcOEt	-	-
Stéroïdes	Liebermann-Burchard	+	-
Triterpènes		+	+
Stérolsinsaturés	Salkowski	+	-
Tanins et autres polyphénols	Gélatine 1%	+	+
	Gélatinesalée 10%	+	-
	FeCl ₃	+	+
Quinones	Borntrager	+	-

Activité anti plasmodiale

L'inhibition de la parasitémie *in vitro* a été évaluée par la méthode de la fluorescence du complexe double-brin ADN-SybrGreen I. Après calcul, l'extrait dont l'IC₅₀ est inférieure à 20 µg/ml a été considéré comme intéressant. Les résultats sont présentés dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Résultats du test anti plasmodial des extraits de graines d'*Albizia bernieri*

Extrait testé	IC ₅₀ >20µg/ml	IC ₅₀ <20µg/ml
Extrait méthanolique	NA	
Extrait aqueux		7,63
Fraction butanolique	NA	
Fraction aqueuse	NA	

NA : Non actif

D'après ces résultats, la concentration inhibitrice de 50% de la croissance du *Plasmodium falciparum* est de l'ordre de 7,63 µg/ml.

Effets des extraits sur l'iléon isolé de cobaye

Testés sur l'iléon isolé, les extraits aqueux et méthanolique d'*Albizia bernieri* ont des effets contracturant aux concentrations de 0,125 ; 0,250 ; 0,5 et 1mg/ml. L'extrait aqueux a une activité contracturante à 1 mg/ml et l'extrait méthanolique de 0,125 à 1 mg/ml. Les courbes effets-doses sont montrées sur la Figure 1.

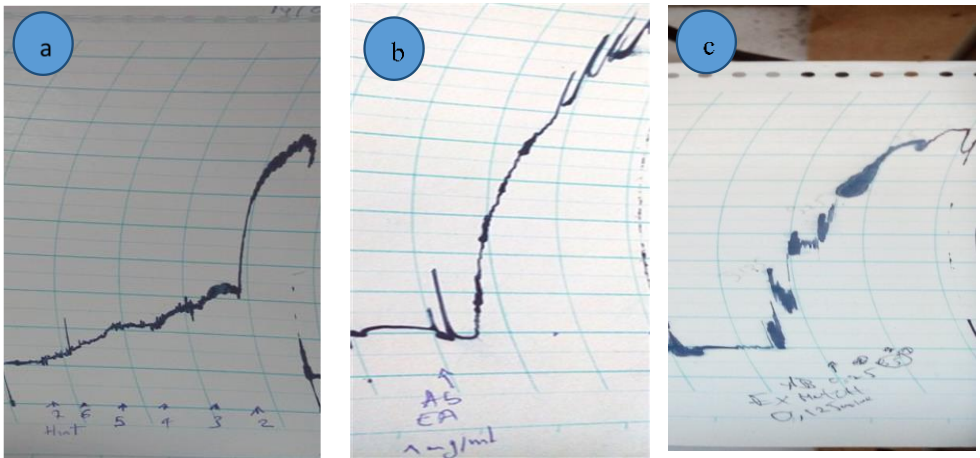


Figure 3 : Courbes représentatives des effets-doses des différentes concentrations avec en ordonnée l'intensité de la contraction (amplitude en mm) et en abscisse le temps (en s)
 (a) histamine à 1mg/ml,
 (b) extrait aqueux à 1 mg/ml,
 (c) extrait méthanolique à 1mg/ml, 0,5 mg/ml et 0,125 mg/ml sur l'organe.

DISCUSSION

Le criblage phytochimique a révélé que les alcaloïdes et les saponosides sont les groupes majoritaires dans la poudre de graines et l'extrait méthanolique, à l'instar de la plupart des *Albizia* (Randrianarivoet *al.*, 2014, Randriamampianinaet *al.*, 2017). Les saponosides ont des activités hémolytiques et tensioactives. Des alcaloïdes isolés de certaines espèces d'*Albizia* ont des activités anti-plasmodiales comme ceux d'*Albizia gummifera* et d'*Albizia schimperana* (Muthaura *et al.*, 2007 ; 2011).

Les extraits de graines d'*A. bernieri* sont dotés d'une activité anti plasmodiale. En effet, l'activité anti plasmodiale de l'extrait aqueux est assez élevée (7,63 µg/ml) par rapport à celle de l'extrait méthanolique. Ce qui suggère que les principes actifs responsables de cette activité ont une affinité vis-à-vis de l'eau.

Après observation microscopique du contenu des puits, une forte hémolyse a été remarquée. Elle pourrait probablement être due à l'activité hémolytique des saponosides présents en quantité importante dans l'extrait aqueux.

Les résultats du test de contraction sur l'iléon isolé de cobaye ont montré qu'*Albizia bernieri* possède une activité contracturante sur celui-ci. Les deux extraits testés ont induit tous deux une contraction sur l'organe, avec une activité plus grande pour l'extrait méthanolique car, même à une concentration de 0,125mg/ml, il induit toujours une contraction. Ces résultats montrent qu'il existe plusieurs molécules iléo-contracturantes dans les graines d'*A. bernieri*. Elles ont une affinité pour le méthanol d'où leur forte activité par rapport à celles contenues dans l'extrait aqueux.

CONCLUSION

La présente étude a permis de mettre en évidence les activités anti plasmodiale et laxative des extraits de graines d'*Albizia bernieri*. Même si les extraits utilisés sont encore bruts, les résultats obtenus sont plus qu'encourageants. L'étude mérite donc d'être approfondie jusqu'à l'isolement et l'identification des composés actifs des graines de la plante pour, ainsi, explorer davantage leurs potentialités.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) Andriantsoa, R. (1983). Contribution à la purification et à la caractérisation d'un principe antimicrobien des graines d'une Légumineuse : *Albizia lebbek*. [Mémoire de DEA: Biochimie]. Antananarivo : Université d'Antananarivo.
- 2) Audigier, C., Dupont, G. (1989). Principes des méthodes d'analyse biochimique. Paris : Doin éditeur.
- 3) Bekro, Y. A., Mamyrbekova, B. J. A., Boua, B. B., Tra, Bi F. H., Ehile, E. E. (2007). Étude ethnobotanique et screening phytochimique de *Caesalpinia benthiana* Baill. Herend et Zarucchi (Caesalpinaceae). In *Sciences et Nature* 4(2) : 217-225.
- 4) Boiteau, P. (1979). Précis de matière médicale malgache avec formulaire. Antananarivo : Librairie de Madagascar.
- 5) Bruneton, J. (2009). Pharmacognosie-Phytochimie, plantes médicinales. 4ème Edition, revue et augmentée. Paris : Tech et Doc Edition.
- 6) Firdouse, S., Alam, P. (2011). Phytochemical investigation of extract of *Amorphophallus campanulatus* tubers. In *International Journal of Phytomedicine* 3: 32-35.
- 7) Katerere, D. R., Gray, A. I., Nash, R. J., Waigh, R. D. (2012). Phytochemical and antimicrobial investigations of stilbenoids and flavonoids isolated from three species of Combretaceae. In *Fitoterapia* 83(5) : 932–940.
- 8) Muthaura, C.N., Keriko, J.M., Derese, S., Yenesew, A., Rukunga, G.M. (2011). Investigation of some medicinal plants traditionally used for treatment of malaria in Kenya as potential sources of antimalarial drugs. In *Experimental Parasitology* 127 : 609–626.
- 9) Muthaura, C.N., Rukunga, G.M., Chhabra, S.C., Omar, S.A., Guantai, A.N., Gathirwa, J.W. et al. (2007). Antimalarial activity of some plants traditionally used in treatment of malaria in Kwale district of Kenya. In *Journal of Ethnopharmacology* 112 : 545–551.
- 10) Randriamampianina, L. J., Razafintsalama, V. E., Rakoto, D. A. D., Randrianarivo, H. R., Jeannoda, V. L. (2017). Antimicrobial activity of seeds extracts from *Albizia bernieri* E. Fourn. (Fabaceae). In *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences* 12(3): 72-79.
- 11) Randrianarivo, H. R., Razafindrakoto, A. R., Ratsimanohatra, H. C., Randriamampianina, L. J., Rajemiarimoelisoa, C. F., Ramamonjisoa, L., Ramanitrahasimbola, D., Rakoto, D. A. D., Jeannoda, V. L. (2014). Toxic effects of seed methanolic extracts of endemic *Albizia* species (Fabaceae) from Madagascar on animals. In *Journal of Life Sciences* 8 (8) : 676-689.

- 12) Tan, K. R., Magill, A. J., Parise, M. E., Arguin, P.M. (2011). Doxycycline for malaria chemoprophylaxis and treatment: report from the CDC expert meeting on malaria chemoprophylaxis. In *Am J Trop Med Hyg* 84: 517–531.
- 13) Thaithong, S. (1983). Clones of different sensitivities in drug resistant isolates of *Plasmodium falciparum*. In *Bulletin of the World Health Organization* 61 : 709–712.
- 14) Trager, W., Jensen, J. B. (1976). Human malaria parasites in continuous culture. *Science* 193(4254) : 673-675.
- 15) WHO, (2013). Traditional medicine strategy : 2014-2023. Geneva : World Health Organization.