

# Valorisation médicinale des plantes consommées par les lémuriens diurnes d'Ambohidray pour la découverte de produits actifs

Rakotonomenjanahary SR<sup>1,2\*</sup>, Ratsoavina FM<sup>3</sup>, Razakarivony A<sup>2,4</sup>, Rasoanaivo HL<sup>1,2</sup>

- <sup>1</sup>Laboratoire de Chimie des Substances Naturelles et Chimie Organique Biologique (LCSN/COB),
- Mention Chimie
- <sup>2</sup>Ecole Doctorale Valorisation des Ressources Naturelles Renouvelables (VRNR)
- <sup>3</sup>Mention Zoologie et Biodiversité Animale (MZBA), Ecole Doctorale Sciences de la Vie et de
- l'Environnement (SVE)
- <sup>4</sup>Laboratoire de Chimie Appliquée aux Substances Naturelles (LACASN)
- ▶ \*E-mail: sandratrarakram@gmail.com

## Résumé

Tout comme les humains, les lémuriens peuvent être vulnérables face à des maladies zoonotiques. Cependant, ils ont la capacité de se soigner ou d'entretenir leur santé en consommant certaines plantes figurant dans leur régime alimentaire et/ou d'autres plantes particulières. Peu d'information est disponible sur ce comportement d'automédication, d'où l'objectif du présent travail d'acquérir des connaissances précises sur des comportements particuliers et les plantes liées à l'automédication de lémuriens diurnes. Pour ce faire, une étude comportementale de 3 groupes de *Indri indri* et de *Propithecus diadema* (INDRIDEAE) par les méthodes Animal focal sampling et scan sampling a été faite dans l'aire protégée d'Ambohidray, de 8 h à 16 h 30 mn, entre mai 2022 et août 2023. Parmi 51 espèces de plantes identifiées et consommées ou utilisées par ces lémuriens, 20 sont classées aromatiques. À la suite de l'identification de ces plantes, des études chimiques et biologiques ont été menées. En premier lieu, une extraction des produits volatils de ces plantes aromatiques par entraînement à la vapeur a été réalisée. Puis, des tests qualitatifs sur les activités antimicrobienne et antioxydante ont été faits. Les huiles essentielles obtenues ont montré une activité antibactérienne sur la souche *Bacillus cereus*, et une activité antioxydante. D'une part, ces informations sont capitales du fait qu'elles contribuent à la conservation de ces espèces menacées de lémuriens en identifiant les plantes essentielles à leur santé. D'autre part, la découverte de nouveaux produits est très importante pour le domaine pharmaceutique, notamment dans la lutte contre la résistance microbienne aux antibiotiques existants.

**Mots-clés :** zoopharmacognosie, lémuriens, huiles essentielles, antimicrobien

## Abstract

Lemurs, like humans, can be vulnerable to zoonotic diseases. However, they can maintain their health or treat themselves by consuming certain plants in their diet and/or other specific plants. Little information is available on this self-medicating behavior, thus this study aimed to obtain detailed knowledge on the specific behaviors and plants associated with self-medication in diurnal lemurs. To this end, a behavioral monitoring of 3 groups of *Indri indri* and *Propithecus diadema* (INDRIDEAE) was carried out in the Ambohidray protected area between May 2022 and August 2023, using the animal focal sampling and scan sampling methods, from 8:00 am to 4:30 pm. Of the 51 plant species identified and consumed by these lemurs, 20 were classified as aromatic. Once these plants were identified, chemical and biological studies were performed. First, the volatile products of these aromatic plants were extracted by steam distillation. Qualitative tests were then carried out on their antimicrobial and antioxidant activities. The essential oils obtained showed antibacterial activity against the *Bacillus cereus* strain, as well as antioxidant activity. On the one hand, this information is vital to help conserve these endangered species by knowing the plants that are essential to their health. On the other hand, the discovery of new pharmaceutical products is very important as it contributes to solving the problem of microbial resistance to existing antibiotics.

**Keywords:** zoopharmacognosy, lemurs, essential oils, antimicrobial

## Introduction

Le domaine de la recherche pharmaceutique est actuellement confronté à un grand défi. Cela est dû aux différents problèmes que présentent les médicaments actuels, tels que la manifestation de divers effets secondaires et/ou indésirables, voire même leur inefficacité comme c'est le cas des antibiotiques face au développement de résistances de certains microorganismes. La recherche de nouveaux principes actifs est alors essentielle [1].

Les forêts malgaches, avec un taux d'endémicité très élevé, font partie des grandes pharmacies vivantes inépuisables en principes actifs contre de nombreuses maladies [2][3]. Pourtant, seule une partie de ces ressources fait l'objet de recherches, et il y a encore moins d'attention pour l'identification de molécules actives [3]. Pour valoriser ces patrimoines, plusieurs méthodes peuvent être mises en œuvre pour la bioprospection ou la découverte de nouveaux composés bioactifs, notamment l'enquête ethnobotanique, la chimio-taxonomie et la méthode assez récente de la zoopharmacognosie [4].

La zoopharmacognosie est une science multidisciplinaire qui étudie l'automédication des animaux non humains. Les animaux prélèvent dans leur environnement tout ce dont ils ont besoin en termes de nutriments, mais aussi en termes de produits bioactifs pour se soigner et/ou simplement améliorer leur bien-être [4][5]. Parmi les cinq types de comportements d'automédication chez les animaux [6][7], seuls trois d'entre eux sont observés chez les primates non humains comme les lémuriens [7]. Ce sont la sélection du régime alimentaire avec un effet préventif, la prise d'une substance à effet curatif, et l'application ou le frottement d'une substance sur différentes parties du corps [6][7].

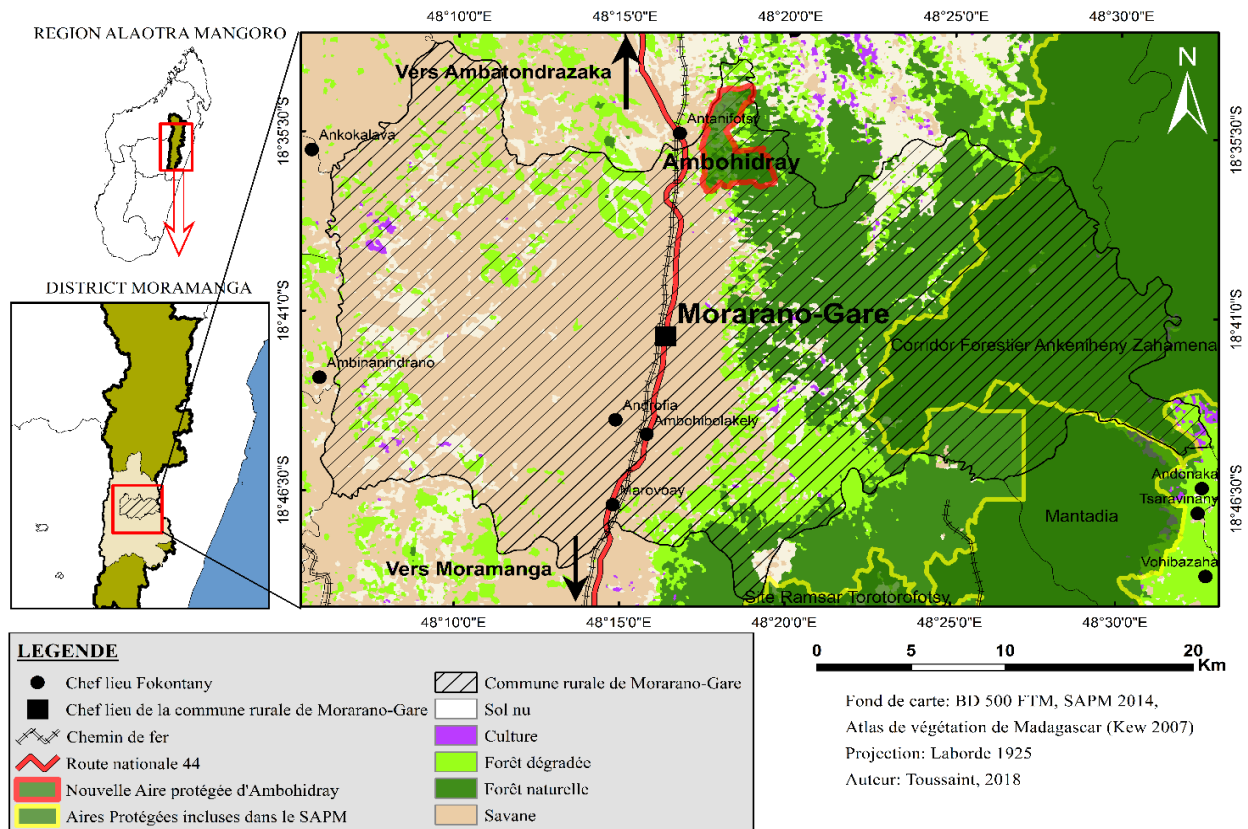
Par la forte proximité phylogénétique, anatomique et physiologique avec l'espèce humaine, l'étude du comportement d'automédication des lémuriens est intéressante [8]. En effet, les plantes qu'ils utilisent pour se soigner contre des zoonoses pourraient probablement être efficaces chez l'homme contre les mêmes pathologies [4][6][9]. Ces plantes pourraient donc constituer une source de remèdes naturels.

L'objectif de ce travail est d'inventorier et d'évaluer les activités antioxydante et antimicrobienne des plantes utilisées en tant que remèdes par les lémuriens diurnes d'Ambohidray.

## Matériel et Méthodes

### Site d'étude

Ce travail a été mené dans l'aire protégée d'Ambohidray. Le site a été choisi en raison de sa petite taille (1 243 ha) et de son exposition à divers types de pressions susceptibles d'affecter la santé des lémuriens, ainsi que l'ensemble de l'écosystème, mais surtout en raison de sa richesse en biodiversité et son importance dans le domaine de la conservation. Il se situe dans le Centre-Est de Madagascar, dans la région d'Alaoatra Mangoro, province de Toamasina, entre les latitudes 18° 34' et 18° 37', et les longitudes 48° 17' et 48° 19'. L'aire protégée d'Ambohidray est incluse dans le système d'aires protégées depuis 2015 et est gérée par le Département Biologie et Ecologie Végétale (DBEV) de la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo [10].



**Figure 1 : Localisation géographique de la zone d'étude, l'aire protégée d'Ambohidray [10]**  
**Étude du comportement d'automédication des lémuriens**

Afin d'étudier les comportements d'automédication et les plantes apparentées, une étude sur le comportement alimentaire de deux espèces de lémuriens diurnes a été effectuée entre mai 2022 et août 2023. Les méthodes *Animal focal sampling* et *scan sampling* ont été utilisées de 8h00 à 16h30, avec un intervalle de temps de 5 minutes. La première méthode consiste à observer un individu sur une période en enregistrant en détail ses activités, interactions et déplacements. Ceci permet de recenser des nuances subtiles du comportement. Quant à la seconde méthode, elle consiste à observer le groupe en notant son comportement à un moment précis. Elle permet de faire une comparaison interindividuelle. Trois groupes de *Indri indri* (*I. indri*) et deux groupes de *Propithecus diadema* (*P. diadema*) ont été suivis dans la première zone d'étude, la zone écotouristique d'Ambolobe. Sur le second site, Ankasina, un groupe de *P. diadema* a été suivi dans le noyau dur et deux groupes dans la zone tampon [11].

### Sélection des plantes pour les études chimiques et biologiques

Afin d'affiner le nombre de plantes pour les études chimiques et biologiques, des herbiers de plantes consommées ont d'abord été collectés pour une identification systématique. Une enquête ethnobotanique dans la zone d'intervention et une étude bibliographique ont ensuite été réalisées. L'objectif était de compiler d'éventuelles données sur les usages traditionnels des plantes pertinentes, ainsi que de connaître les travaux chimiques et biologiques antérieurs sur l'espèce elle-même ou sur d'autres plantes de même genre ou de même famille [6][11]. Une plante est sélectionnée si elle répond aux critères d'automédication, possède une valeur ethnobotanique et/ou est potentiellement une source d'actif après chimiotaxonomie [11].

### Études chimique et biologique des plantes pertinentes

Cette étude a d'abord été initiée par l'étude sur les plantes aromatiques consommées par ces lémuriens. La méthode d'entraînement à la vapeur a été utilisée pour extraire les composants volatils des plantes aromatiques sélectionnées [12].

### Évaluation des propriétés pharmacologiques des huiles essentielles

#### Test de l'activité antioxydante

L'activité antioxydante des HE a été évaluée par la méthode de criblage sur chromatographie sur couche mince (CCM) en utilisant le test de 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH). Le DPPH est un radical

libre stable pourpre, donnant du diphenyl picryl hydrazine jaune après sa réduction. Un volume de 2,5 µL des différentes HE dissout dans de l'éthanol à une concentration 1g.mL<sup>-1</sup> a été chargé sur du gel de silice de la CCM. Après séchage, la préparation a été trempée dans une solution méthanolique de DPPH à 0,05%. Une HE a été considérée active s'il y a apparition d'une tache jaune sur un fond violet [13].

#### Test de l'activité antimicrobienne

Pour un test préliminaire sur l'activité antimicrobienne des HE, la souche de *Bacillus cereus* a été utilisée en attendant les informations venant des analyses moléculaires des matières fécales concernant les bactéries pathogènes pouvant être présentes chez ces lémuriens. Elle a été reçue du Laboratoire de Biochimie Appliquée aux Sciences Médicales (LABASM), Mention Biochimie Fondamentale et Appliquée (BFA), Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo. La méthode utilisée lors du test a été la méthode de diffusion ou la méthode de disque-diffusion sur agar. Cette méthode qualitative permet de détecter la présence de produits antimicrobiens [14]. Pour ce faire, la souche de microorganisme a été inoculée sur de l'agar. Un papier filtre sous forme de disque de 6 mm de diamètre a ensuite été imprégné de 10 µL du produit à tester. Après cela, le disque d'antibiogramme a été déposé sur la surfaceensemencée. La préparation a ensuite été laissée incuber dans une étuve à 37° C. Après une incubation de 24 heures, le produit à tester était considéré actif s'il y avait une inhibition de la germination du microorganisme avec un diamètre supérieur ou égal à 7 mm autour du disque ayant été imprégné du produit [14].

## Résultats

### Étude sur le comportement d'automédication des lémuriens et les plantes pertinentes

Selon les observations de leur comportement alimentaire, les deux espèces de lémuriens sont des folivores. *Indri indri* consomme principalement de jeunes feuilles, contre des feuilles matures pour les *Propithecus diadema*. Malgré cette préférence alimentaire, la consommation de fleurs, graines, jeunes tiges et d'écorces est également observée. Pour l'identification botanique des plantes consommées par ces lémuriens et/ou pouvant être en relation avec leur bien-être, 277 spécimens d'herbiers ont été collectés. À ce jour, seules 50 espèces sont identifiées. Elles se répartissent dans 28 familles, parmi lesquelles les familles des ANACARDIACEAE, APHLOIACEAE et LAURACEAE (Tableau 1).

Aucun comportement maladif n'a été enregistré chez tous les individus des différents groupes des deux espèces de lémuriens durant les périodes de suivi.

**Tableau 1 : Liste des plantes consommées par *I. indri* et/ou *P. diadema* d'Ambohidray**

Nom vernaculaire	Espèce végétale	Famille	Espèce	Partie plante
Ditimena	<i>Abrahamia ditimena</i>	ANACARDIACEAE	P.d	fm
Roatra	<i>Mycronychia minutiflora</i>	ANACARDIACEAE	P.d	fm
Non connu	<i>Fenerivia humbertii</i>	ANNONACEAE	I.i	jf
Fandramanana	<i>Aphloia theiformis</i>	APHLOIACEAE	P.d	fm
			I.i	jf
Non connu	<i>Carissa campenonii</i>	APOCYNACEAE	P.d	fm
Non connu	<i>Mascarenhasia lanceolata</i>	APOCYNACEAE	P.d	fm
Vahinato	<i>Secamone oleaefolia</i>	APOCYNACEAE	P.d	fm
Non connu	<i>Vernonia alleizettei</i>	ASTERACEAE	P.d	fm
Manoko	<i>Asteropeia mcphersonii</i>	ASTEROPEIACEAE	P.d	fm
Non connu	<i>Elaedendron sp.</i>	CELASTRACEAE	P.d	fm
Menahy	<i>Hartogiopsis trilobocarpa</i>	CELASTRACEAE	P.d	fm

Kijavoraka	<i>Garcinia chapelier</i>	CLUSIACEAE	L.i	jf
Fatsinkahitra	<i>Garcinia sp.</i>	CLUSIACEAE	P.d	fm
			L.i	jf
Kijamadinidravina	<i>Symphonia eugenioides</i>	CLUSIACEAE	P.d	Jf, fm
			L.i	jf, fm
Kijamadinidravina	<i>Symphonia louvelii</i>	CLUSIACEAE	P.d	jf, fm
			L.i	jf, fm
Non connu	<i>Dichapetalum madagascariens</i>	DICHAPETALACEAE	P.d	fm
Non connu	<i>Erythroxyllum sphaeranthus</i>	ERYTHROXYLACEAE	P.d	fm
Hazoambo	<i>Dryptes sp.</i>	EUPHORBIACEAE	P.d	fm
Volomborona	<i>Albizia gummifera</i>	FABACEAE	P.d	fm
Sevalahy	<i>Estada louvelii</i>	FABACEAE	P.d	fm
Komy	<i>Viguiерanthus pervillei</i>	FABACEAE	P.d	fm,jt
Antavolomenalaingo	<i>Cryptocaria crassifolia</i>	LAURACEAE	P.d	fm
			L.i	jf
Antavololavaravina	<i>Cryptocaria sp.</i>	LAURACEAE	P.d	fm
			L.i	jf
Antavolomanitra	<i>Cryptocaria sp.</i>	LAURACEAE	P.d	fm
			L.i	jf
Longotra	<i>Cryptocaria sp.</i>	LAURACEAE	L.i	jf
Varongy	<i>Ocotea sp.</i>	LAURACEAE	L.i	jf
Marovelo	<i>Strycnos sp.</i>	LOGANIACEAE	P.d	fm, jt
Hazomiavona	<i>Bakerella clavata</i>	LORANTHACEAE	P.d	fl
Roatramena	<i>Syzygium bernieri</i>	MYRTACEAE	P.d	fm
Roatramena	<i>Syzygium curneifolium</i>	MYRTACEAE	P.d	fm
Roatramena	<i>Syzygium emirnense</i>	MYRTACEAE	P.d	fm
Roatrafotsy	<i>Syzygium jambolanum</i>	MYRTACEAE	P.d	fm
Non connu	<i>Olox emirnensis</i>	OLACACEAE	P.d	fm, jt
Voampaka	<i>Uapaca densifolia</i>	PHYLLANTHACEAE	P.d	fm
			L.i	jf, fr
Voamaintilany	<i>Phyllanthus mantsakariva</i>	PHYLLANTHACEAE	P.d	fm

Riona	<i>Dilobeia thouarsii</i>	PROTEACEAE	P.d	fm
Tsitolakavitra	<i>Bathiorhamus sp.</i>	RHAMNACEAE	P.d	fm
Non connu	<i>Gallienia sclerophylla</i>	RUBIACEAE	I.i	jf
Non connu	<i>Homalium axillare</i>	SALICACEAE	P.d	fm
Non connu	<i>Ludia madagascariensis</i>	SALICACEAE	P.d	fm
Non connu	<i>Ludia scolopioides</i>	SALICACEAE	I.i	fm
Antavoloberavina	<i>Deinbolia sp.</i>	SAPINDACEAE	P.d	fm
			I.i	jf
Ditimena	<i>Plagioscyphus jumellei</i>	SAPINDACEAE	P.d	fm
Hazompoza	<i>Tina striata multifoliolata</i>	SAPINDACEAE	P.d	fm
Non connu	<i>Filicium decipiens</i>	SAPINOACEAE	P.d	fm
Famelona	<i>Gambeya boiviniana</i>	SAPOTACEAE	P.d	fr
Menahy	<i>Labourdonnaisia laciniata</i>	SAPOTACEAE	P.d	fm
Karakaratoloho, Famatotrakanga	<i>Lygodium lanceolatum</i>	SCHIZAECEAE	P.d	fm, jt
Non connu	<i>Clerodendron micans</i>	VERBENACEAE	P.d	fm
Non connu	<i>Rinorea sp.</i>	VIOLACEAE	P.d	fm

Espèce (sp.), P.d (*P. diadema*), I.i (I. indri), feuille mature (fm), jeune feuille (jf), jeune tige (jt), fleur (fl), fruit (fr).

### Extraction des huiles essentielles

Vingt-et-une plantes consommées et/ou en relation au bien-être de ces lémuriens sont aromatiques. Après une extraction par entraînement à la vapeur de leurs feuilles, 20 HE ont été obtenues (Tableau 2).

**Tableau 2 : Liste des huiles essentielles extraites des plantes utilisées et/ou consommées par *I. indri* et/ou *P. diadema* d'Ambohidray**

Code de l'HE	Statut de la plante	Genre	Famille	Couleur HE	Rendement (%)
H2198EO2.1	Consommée	<i>Cryptocarya</i>	LAURACEAE	Jaune dorée	0,04
H2198EO3.1	Consommée	<i>Cryptocarya</i>	LAURACEAE	Jaune dorée	0,03
H2198EO4.1	Consommée	<i>Cryptocarya</i>	LAURACEAE	Jaune dorée	0,06
H2198EO5.1	Consommée	<i>Cryptocarya</i>	LAURACEAE	Jaune claire	0,17
H2198EO6.1	Consommée	<i>Cryptocarya</i>	LAURACEAE	Jaune dorée à claire	0,13
H2198EO7.1	Consommée	<i>Cryptocarya</i>	LAURACEAE	Jaune poussin clair à incolore	0,36
H2198EO8.1	Consommée	<i>Ocotea</i>	LAURACEAE	Jaune orangée	0,02
H2198EO9.1	Consommée	<i>Ocotea</i>	LAURACEAE	Jaune poussin	0,2764
H2198EO10.1	Consommée	<i>Baronia</i>	ANACARDIACEAE	Jaune claire	0,1946
H2198EO14.1	Consommée	<i>Cussonia</i>	ARALIACEAE	Jaune pâle à claire	0,0970
H2198EO15.1	Consommée	Encore pas identifiée	Encore pas identifiée	Jaune dorée	< 0,005
H2198EO16.1	Consommée	<i>Ocotea</i>	LAURACEAE	Jaune poussin	0,08
H2198EO18.1	Consommée	<i>Cryptocarya</i>	LAURACEAE	Jaune	0,34
H2198EO19.1	Consommée	Encore pas identifiée	Encore pas identifiée	Jaune	1,15
H2198EO22.1	Consommée	<i>Tambourissa</i>	MONIMIACEAE	Jaune dorée	0,06
H2198EO24.1	Consommée	Encore pas identifiée	Encore pas identifiée	Jaune dorée	0,17
H2198EO25.1	Consommée	Encore pas identifiée	Encore pas identifiée	Jaune poussin	0,15
H2198EO27.1	Consommée	Encore pas identifiée	Encore pas identifiée	Jaune dorée à claire	0,10
H2198EO28.1	Consommée	Encore pas identifiée	Encore pas identifiée	Jaune pâle	0,10
H2198EO11.1	Dortoir	<i>Micronychia</i>	ANACARDIACEAE	Jaune claire	0,14
H2198EO17.1	Dortoir	Encore pas identifiée	Encore pas identifiée	Jaune	0,005

### Évaluation des propriétés pharmacologiques des huiles essentielles

Les tests au DPPH des HE des feuilles des plantes sont positifs. Des taches jaunes sur fond violet apparaissent sur la plaque. Cela indique la présence de molécules ayant une activité antioxydante.

Concernant le test sur l'activité antimicrobienne, la souche bactérienne *Bacillus cereus* est très sensible aux 16 huiles essentielles extraites. La souche bactérienne est sensible aux HE testées, sauf avec H219EO16.1 (Tableau 3).

**Tableau 3 : Résultat du test de l'activité antimicrobienne sur la souche *Bacillus cereus* des HE des plantes exploitées par *I. indri* et/ou *P. diadema* d'Ambohidray**

Huile essentielle	Diamètre halo d'inhibition	Sensibilité de la bactérie
H2198EO2.1, H2198EO3.1, H2198EO4.1, H2198EO5.1, H2198EO6.1, H2198EO7.1, H2198EO8.1, H2198EO9.1, H2198EO14.1, H2198EO18.1, H2198EO19.1, H2198EO22.1, H2198EO24.1, H2198EO25.1, H2198EO27.1, H2198EO28.1	9 mm < d	Très sensible
H2198EO10.1	8 mm < d < 9 mm	Sensible
H2198EO20.1	7 mm < d < 8 mm	Faiblement sensible
H2198EO16.1	d < 7 mm	Non sensible
H2198EO15.1	Pas de donnée	Pas de donnée

## Discussion

Suivant les observations, les deux espèces de lémuriens sont des folivores. *Propithecus diadema* présente une préférence envers les feuilles matures, contre des feuilles jeunes pour le cas de *Indri indri*. Cependant, elles consomment également des fleurs (*P. diadema*), des fruits, et de jeunes tiges. Ces données d'observation sont comparables à celles de travaux antérieurs sur le régime alimentaire de *P. diadema* et *I. indri* de la Réserve de Betampona [15].

Pendant les suivis, les lémuriens n'ont pas manifesté de comportement maladif. Cependant, des consommations de plantes pouvant présenter des substances actives ont été observées, un comportement pouvant être en relation avec une prise de substance à titre préventif contre une ou des pathologies [16]. En effet, quelques-unes des plantes consommées sont aromatiques appartenant aux familles des LAURACEAE, ARA-LIACEAE et/ou MONIMIACEAE. Les HE, de manière générale, sont des produits actifs connus. Elles pourraient présenter différentes vertus thérapeutiques suivant la plante d'origine (antioxydant, antimicrobienne, antivirale, etc...) [17][5].

Selon les résultats préliminaires, toutes les HE des plantes consommées par ces lémuriens présentent une activité antioxydante. Dix-neuf parmi celles testées présentent une activité antimicrobienne sur la souche *Bacillus cereus*. Ces deux activités pourraient être dues à leur composition chimique, se présentant sous différentes formes structurales avec plusieurs molécules appartenant à divers groupes fonctionnels de la famille des terpènes (mono-, sesqui- et diterpène) [18][19]. Pour l'activité antioxydante, ces HE pourraient présenter des molécules possédant des propriétés d'oxydo-réduction comme les phénols. En effet, ces derniers exercent cette activité en agissant en tant qu'agents réducteurs, donneurs d'oxygène singulier et d'hydrogène [18]. Concernant l'activité antimicrobienne, les HE pourraient exercer un ou plusieurs mécanismes d'action suite aux différents groupes de composés chimiques présents. Elles pourraient donc être à la fois bactéricides et bactériostatiques. Quelques-uns des actifs très connus exerçant cette activité, et pouvant être présents dans ces huiles essentielles, sont les phénols volatils. Mais cela pourrait aussi être dû aux autres actifs appartenant à d'autres groupes tels que les aldéhydes, cétones et/ou alcool [19].

Afin de pouvoir vérifier l'hypothèse sur l'état sanitaire de ces lémuriens et de prouver les changements que pourrait engendrer la consommation de ces plantes aromatiques contre une pathologie et/ou pour le maintien de leur santé, des études sur la microbiote intestinale doivent être faites. Durant les études comportementales, des échantillons fécaux ont également été collectés dans des tubes contenant de l'éthanol 96° au cours des périodes de suivis après chaque défécation des animaux. Ils ont ensuite été conservés à -20°C [20]. L'extraction de l'ADN a ensuite été faite en utilisant le QIAGEN QIAamp PowerFecal Pro DNA Kit®. Après extraction, la concentration d'ADN extraite a été vérifiée en utilisant le Qubit kit®. Ces échantillons seront ensuite sujets à un séquençage de l'ADN ribosomal 16S pour connaître les différentes populations bactériennes présentes en fonction des plantes ayant été consommées.

D'autre part, des tests additionnels doivent également être faits sur les HE. Parmi eux, il y a l'évaluation du profil toxicologique, et des tests quantitatifs des deux activités précédentes pour la détermination de la

Concentration Minimale Inhibitrice (CMI) pour l'activité antioxydante, de la Concentration Minimale Bactéricide (CMB), et de la Concentration médiane 50 % (CE<sub>50</sub>) sur d'autres souches bactériennes pour l'activité antimicrobienne. Concernant l'identification chimique de leur composition moléculaire, la méthode d'analyse par Chromatographie en Phase Gazeuse couplée à la Spectrométrie de Masse (CPG-SM) sera faite pour déterminer leur composition moléculaire [19].

## Conclusion

Cette étude sur l'automédication des lémuriens, basée sur des études comportementales et des études pharmacologiques de plantes aromatiques susceptibles d'avoir des activités biologiques, contribue à la valorisation des plantes médicinales de Madagascar. Elle contribue également à la découverte de produits actifs naturels qui pourraient résoudre le problème de la résistance des microorganismes zoonotiques aux antibiotiques actuels. Et enfin, cette recherche est cruciale car elle intervient également au niveau de la conservation et de la valorisation de ces lémuriens du fait qu'elle fournit des informations sur les plantes qui sont vitales pour ces espèces uniques au monde dans l'entretien de leur état sanitaire.

## Remerciements

Les auteurs remercient le Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD) pour la délivrance du permis de recherche et de collecte des échantillons; la Mention Chimie, la Mention Zoologie et Biodiversité Animale (MZBA), le DBEV (Département de Biologie et Ecologie Végétales) et la Mention BFA (Biochimie Fondamentale et Appliquée); les équipes des laboratoires LCSN/COB, LACASN, LABASM pour les avoir permis de réaliser ces travaux ; et enfin VolkswagenStiftung et Duke Lemur Center pour avoir financé les travaux d'étude sur terrain.

## Références bibliographiques

- [1] Gallo MBC, Sarachine MJ. 2009. Biological activities of lupeol. *International Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences*, 3(1), 16–66. <https://doi.org/10.4103/0975-8453.86298>.
- [2] Chen S, Yu H, Luo H, Wu Q, Li C, Steinmetz A. 2016. Conservation and sustainable use of medicinal plants: problems, progress, and prospects. *Chinese Medicine*, 1–10. <https://doi.org/10.1186/s13020-016-0108-7>.
- [3] Sasidharan S, Chen Y, Saravanan D, Sundram K., Yoga Latha L. 2011. Extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plants extracts. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 8(1), 93–130. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-56936-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-56936-4_2).
- [4] Krief, S. 2004. Métabolites secondaires des plantes et comportement animal : surveillance sanitaire et observations de l'alimentation des chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda . Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées [PhD. Dissertation]. Paris, Museum National d'Histoire Naturelle. 348 p. <https://theses.hal.science/tel-00006170>.
- [5] Shukla S, Jain S, Kalyani G, Gidwani B, Pandey R, Vyas A. 2021. Zoopharmacognosy (Plant-Animal Interaction). In *Evidence Based Validation of Traditional Medicines: A Comprehensive Approach*. Springer N, 371–404. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-8127-4\\_19](https://doi.org/10.1007/978-981-15-8127-4_19).
- [6] Domínguez-martín E, Tavares J, Rijo P, Díaz-lanza A. 2020. Zoopharmacology : A Way to Discover New Cancer Treatments. *Biomolecules*, 10, 817–836. <https://doi.org/10.3390/biom10060817>.
- [7] Peckre L, Defolie C, Kappeler P, Fichtel C. 2018. Potential self-medication using millipede secretions in red-fronted lemurs: combining anointment and ingestion for a joint action against gastrointestinal parasites? *Primates*, 59(5), 483–494. <https://doi.org/10.1007/s10329-018-0674-7>.
- [8] Ezran, C, Karanewsky C, Pendleton J, Sholtz A, Krasnow M, Willick J, Razafindrakoto A, Zohdy S, Albertelli M, Krasnow M. 2017. The Mouse Lemur, a Genetic Model Organism for primate biology, behavior and health. *Genetics*, 206(June), 651–664. <https://doi.org/https://doi.org/10.1534/genetics.116.199448>.
- [9] Huffman MA. 1997. Current Evidence for Self-Medication in Primates: A Multidisciplinary Perspective. *Yearbook of Physical Anthropology*, 40, 171–200. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1096-8644\(1997\)25+<171:aid-ajpa7>3.0.co;2-7](https://doi.org/10.1002/(sici)1096-8644(1997)25+<171:aid-ajpa7>3.0.co;2-7).

- [10] Rabary T. 2018. Proposition d'un plan d'aménagement et de gestion de la nouvelle aire protégée d'Ambohidray. [Master dissertation], Antananarivo, Université d'Antananarivo. P. 47.
- [11] Nègre A, Tarnaud L, Roblot J, Gantier J, Guillot J. (2006). Plants consumed by *Eulemur fulvus* in Comoros Islands (Mayotte) and potential effects on intestinal parasites. *International Journal of Primatology*, 27(6), 1495–1517. <https://doi.org/10.1007/s10764-006-9100-x>.
- [12] Zhang Q, Lin L, Ye W. 2018. Techniques for extraction and isolation of natural products: A comprehensive review. *Chinese Medicine*, 13(1), 1–26. <https://doi.org/10.1186/s13020-018-0177-x>.
- [13] Ujang Z, Subramaniam T, Diah M, Wahid H, Abdullah B, Rashid A, Appleton D. 2013. Bioguided fractionation and purification of natural bioactives obtained from *Alpinia conchigera* water extract with melanin inhibition activity. *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology*, 4(3), 265–272. <https://doi.org/10.4236/jbnb.2013.43033>.
- [14] Ododo M, Choudhury M, Dekebo A. 2016. Structure elucidation of  $\beta$ -sitosterol with antibacterial activity from the root bark of *Malva parviflora*. *SpringerPlus*, 5(1), 2–11. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2894-x>.
- [15] Britt A, Randriamandratonirina N., Glasscock K, Iambana B. 2002. Diet and feeding behaviour of *Indri indri* in a low-altitude rain forest. *Folia Primatologica*, 73(5), 225–239. <https://doi.org/10.1159/000067455>.
- [16] Huffman M. 2017. Primate self-medication, passive prevention and active treatment - A brief review. *International Journal of Multidisciplinary Studies*, 3(2), 1–10. <https://doi.org/10.4038/ijms.v3i2.1>.
- [17] Amarti F, Satrani B, Ghanmi M, Aafi A, Farah A, Aarab L, El Ajjouri M, Guedira A, Chaouch A. 2011. Activité antioxydante et composition chimique des huiles essentielles de quatre espèces de thym du Maroc. *Acta Botanica Gallica*, 158(4), 513–523. <https://doi.org/10.1080/12538078.2011.10516292>.
- [18] Soumia C, Otman B, Nabil B, Safia Z, Chamaecyparissus L 2019. Antioxydant and antimicrobial activities of essential oil and ethanol extract of *Santolina chamaecyparissus*. *Agrobiologia*, 9(2), 1660–1668.
- [19] Demirpolat, A. 2023. Essential Oil Composition Analysis, Antimicrobial Activities, and Biosystematic Studies on Six Species of *Salvia*. *Life*, 13(3), 634–653. <https://doi.org/10.3390/life13030634>.
- [20] Clayton J, Gomez A, Amato K, Knights D, Travis D, Blekhman R, Knight R, Leigh S, Stumpf R, Wolf T, Glander K, Cabana F, Johnson T. 2018. The gut microbiome of nonhuman primates: Lessons in ecology and evolution. *American Journal of Primatology*, 80(6), 1–27. <https://doi.org/10.1002/ajp.22867>.