



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO  
FACULTE DES SCIENCES  
**MENTION ZOOLOGIE ET BIODIVERSITE ANIMALE**



*Latimeria chalumnae*

MEMOIRE  
POUR L'OBTENTION DU  
Diplôme de MASTER

Parcours : ***Biologie de la Conservation Animale***

Evaluation en saison humide du rôle de *Eulemur rufifrons*  
(Bennett, 1833) dans la dissémination des graines de la forêt  
de Kirindy/CNFEREF, Région Menabe, Madagascar

Présenté par :

Monsieur Hassani Ahamada NOUWAIR

Devant le JURY composé de :

Président : Monsieur Hajanirina RAKOTOMANANA  
Professeur Titulaire

Rapporteur : Monsieur Zafimahery RAKOTOMALALA  
Maître de Conférences

Examinateurs : Monsieur Ravomiarana Andrianaivo RANAIVOSOLO  
Maître de Conférences

Monsieur Peter KAPPELER  
Professeur au Deutsches Primatenzentrum

Soutenu publiquement le 16 mars 2020



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO  
FACULTE DES SCIENCES  
**MENTION ZOOLOGIE ET BIODIVERSITE ANIMALE**



*Latimeria chalumnae*

MEMOIRE  
POUR L'OBTENTION DU  
Diplôme de MASTER

Parcours : ***Biologie de la Conservation Animale***

Evaluation en saison humide du rôle de *Eulemur rufifrons*  
(Bennett, 1833) dans la dissémination des graines de la forêt  
de Kirindy/CNFEREF, Région Menabe, Madagascar

Présenté par :

Monsieur Hassani Ahamada NOUWAIR

Devant le JURY composé de :

Président : Monsieur Hajanirina RAKOTOMANANA  
Professeur Titulaire

Rapporteur : Monsieur Zafimahery RAKOTOMALALA  
Maître de Conférences

Examinateurs : Monsieur Ravomiarana Andrianaivo RANAIVOSOLO  
Maître de Conférences

Monsieur Peter KAPPELER  
Professeur au Deutsches Primatenzentrum

Soutenu publiquement le 16 mars 2020



**German Primate Center**  
Leibniz Institute for Primate Research



## **REMERCIEMENT**

En ce présent mémoire, il m'est tenu à cœur de présenter ma plus profonde gratitude à toutes les personnes qui ont participé dans l'élaboration et l'amélioration de ce livre de MASTER. La réalisation de ce travail n'a pas pu être achevé sans vos encouragements, vos soutiens, vos compréhensions et vos aides.

Mes remerciements s'adressent particulièrement à :

- ✓ Monsieur le Docteur Irrish Parker RAMAHAZOSOA, Maître de conférences, Doyen de la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, qui a autorisé la présentation de ce mémoire ;
- ✓ Monsieur le Docteur Zafimahery RAKOTOMALALA, Maître de Conférences, Responsable de la Mention Zoologie et Biodiversité Animale (ZBA), Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, qui a été l'encadreur pédagogique et le rapporteur de ce travail, je tiens à vous attester mes plus profondes reconnaissances pour la confiance et les conseils sans faille dans la réalisation de ce travail ;
- ✓ Monsieur le Professeur Hajanirina RAKOTOMANANA, Professeur Titulaire au sein de la Mention ZBA, Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, qui a accepté de présider le jury de ce mémoire malgré ses nombreuses responsabilités ;
- ✓ Monsieur le Docteur Ravomiarana Andrianaivo RANAIVOSOLO, Maître de Conférences au sein de la Mention ZBA, Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, et Monsieur le Professeur-Docteur Peter KAPPLER, Professeur au Deutsches Primatenzentrum (DPZ) et à l'Université de Göttingen, qui ont accepté d'être parmi les membres du jury pour examiner ce travail ;
- ✓ Monsieur le Professeur-Docteur Peter KAPPLER encore une fois, ainsi que Madame le Docteur Claudia FICHTEL, Monsieur le Docteur Rodin RASOLOARISON et Monsieur Léonard RAZAFIMANANTSOA, pour leur encadrement professionnel, leurs suggestions précises et concises, leur encouragement et leur financement dans l'accomplissement des travaux de terrain et l'achèvement du présent livre ;
- ✓ Toute l'équipe locale de DPZ de la forêt de Kirindy pour leur accueil chaleureux et qui ont fait de mon séjour sur le terrain, un réel plaisir et agréable ;
- ✓ Les Doctorantes de l'Université de Göttingen : Tatiana Murillo CORRALES, Lea-Maria PROX, Hasiniavo Santatriniaina MALALAHARIVONY, Louise PECKRE, Johanna HENKE-VON DER MALSBURG, Lotte Caecilia STRIEWE ; et Stephanie REHER de l'Université de Hambourg, pour leur collaboration et le partage de connaissances sur le terrain ;

- ✓ Monsieur le Docteur Jeannot RANDRIANASY, enseignant-chercheur de la Mention Anthropobiologie et Développement Durable, Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo pour sa disponibilité dans la relecture de ce mémoire ;
- ✓ Mademoiselle Sandratra Agathe RAKOTOANOSY pour son soutien indéfectible, pour son encouragement dans les moments de relâche, pour nos nombreuses discussions afin d'élaboration une meilleure rédaction, suite aux suggestions des encadreurs et examinateurs ;
- ✓ Tous les amis qui ont participé à l'élaboration de ce travail, en l'occurrence Maevatiana RATSIMBAZAFINDRANA HAKA, Jacques Francky RAKOTOARISOA, Mc Antonin ANDRIAMAHAIHAVANA, Nantenaina Herizo RAKOTOMALALA, Veronarindra RAMANANJATO, Mouanwiya Ali MMADI, Zoubert IBRAHIM et Alexandra MICHELS ;
- ✓ Tous les membres de la famille, spécialement ma mère Fatima ALI, mes frères : Abdoulhalim Hassani AHAMADA, Abdillah Hassani AHAMADA, Nassuffoudine Ahamada MOHAMED, Mboreha Mohamed AHMED, Nakicha Mohamed AHMED, Mahamoud Ahamada HASSANI, Issihaka Ahamada HASSANI, Djamaldine Ahamada HASSANI ; et mes sœurs : Antufia Ahamada HASSANI, Chadia Ahamada HASSANI, Hadidja Hassani AHAMADA, pour leur amour inconditionnel et leur soutien moral d'autant plus que financier. Mes plus profondes gratitude vous ont été dédiées dans la mesure où vos aides m'ont permis à réaliser cette œuvre.

## RESUME

La forêt de Kirindy située dans la partie Ouest de Madagascar a fait l'objet d'une étude sur la dissémination des graines par *Eulemur rufifrons*, espèce « quasi-vulnérable », effectuée en période pluvieuse pour compléter la recherche déjà réalisée en saison sèche. La collecte des matières fécales a été suivie des tests de germination des graines sur trois types d'expériences, en boîte de pétri, sur le sol fertile et en pépinière. L'identification des espèces végétales consommées par l'animal a été le complément de la méthodologie. Les résultats montrent que *E. rufifrons* exploite un domaine vital de 65,3 ha lié à la répartition des espèces végétales dans l'espace et à la disponibilité des fruits. Le rôle du lémurien à front roux méridional est de débarrasser la graine de la pulpe. L'identification des graines au niveau de la fèces a révélé 21 espèces disséminées à une distance moyenne de  $32,5 \pm 73,9$  m par rapport au pied parental probable. Le temps de passage de ces graines dans le tube digestif est en moyenne de  $21 \pm 19,9$  minutes. Il existe une corrélation négative entre la taille des graines ingérées et la distance de dissémination d'une part et avec le temps de rétention dans le tractus digestif de l'autre part. Le taux de germination du semi est faible. Il est de 6,7% [graines témoins], de 0,6% [graines fécales lavées], et de 11% [graines fécales non lavées] en pépinière. *Eulemur rufifrons* est largement le plus grand consommateur des grandes essences fruitières, avec 48% de son régime alimentaire, et dissème effacement les graines forestières. Une éventuelle perte du lémurien à front roux méridional peut mettre en péril le sort des plantes qu'il dissème.

**Mots clés :** régime alimentaire, forêt de Kirindy, dissémination des graines, distance de dissémination, taux de germination, *Eulemur rufifrons*.

## ABSTRACT

A study was made on the dissemination of seeds by *Eulemur rufifrons*, located in the West of Madagascar in Kirindy forest. This specie is “nearly-threatened”, cited by UICN redlist. The study was carried out during the wet season to complement the research already carried out in dry season. The collection of fecal matters was followed by seed germination test on three types of experiences in a petri dish, on fertile soil and in the nursery. The identification of plant species consumed the animal was the complement of the methodology. The results show that *E. rufifrons* as a home-range of 65.3 ha. This large area is linked to the spatial repartition of the plant species and the availability of fruits, indehiscent and fleshy. The role of the lemur is to take out the pulp on the grain. The identification of fecal seeds reveal 21 species disseminated at an average distance of  $32.5 \pm 73.9$  M from the probable parent tree. The transit time of the grain through the digestive tract is  $21 \pm 19.9$  minutes. There is a negative correlation between the size of the seeds ingested and the distance of dissemination on the one hand and with the retention time in the digestive tract on the other hand. The semi showed that the germination rate is low. In tree nursery, the rate is of 6.7% for the control-grains; 0.6% for the defecated and washed grains; and 11% for the defecated but not washed grains. *Eulemur rufifrons* is an efficient and primary disseminator, with 48% rate of frugivory. A potential loss of this specie may cause a disturbance of the forest structure and dynamic.

**Keywords:** Kirindy forest, seeds dissemination, distance of dissemination, germination rate, *Eulemur rufifrons*.

## SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>I. GENERALITES.....</b>	<b>3</b>
I.1. Dissémination des graines et zoothorie .....	3
I.2. Zoothorie dans les forêts de Madagascar .....	4
I.3. Zoothorie dans la forêt de Kirindy/CNFEREF.....	7
<b>II. METHODOLOGIE.....</b>	<b>8</b>
II.1. Zone d'étude et espèce cible .....	8
II.1.1. Description physique de la zone d'étude.....	8
II.1.2. Flore et faune de la zone d'étude.....	9
II.1.3. Période et site d'étude .....	10
II.1.4. Matériel biologique .....	11
II.2. Régime alimentaire et modèle des migrations des groupes .....	12
II.2.1. Choix des groupes cibles.....	12
II.2.2. Identification des groupes .....	13
II.2.3. Recherche des groupes .....	13
II.2.4. Mesure du domaine vital et comportemental .....	14
II.2.5. Protocole de suivi des graines ingérées .....	15
II.3. Efficacité de la dissémination des graines .....	15
II.3.1. Collecte des matières fécales.....	15
II.3.2. Identification des taxa des plantes.....	15
II.3.3. Prétraitement des graines .....	16
II.3.4. Catégorisation des graines mises en germination.....	17
II.3.5. Mensuration des graines .....	17
II.3.6. Expérience de germination dans des boîtes de pétri.....	18
II.3.7. Expérience de germination en pépinière .....	18
II.3.8. Expérience de germination sur le sol forestier .....	19
II.4. Contribution relative de <i>E. rufifrons</i> dans la dissémination des espèces de grands arbres de la forêt de Kirindy .....	20
II.4.1. Critères d'observation des disséminateurs potentiels.....	20
II.4.2. Observation directe.....	20
II.4.3. Observation indirecte .....	20
II.4.4. Identification des espèces disséminateurs .....	21
II.5. Technique d'analyse des données .....	21

II.5.1. Polygone convexe minimal .....	21
II.5.2. Analyses statistiques.....	21
II.5.3. Estimation des paramètres de germination.....	23
<b>III. RESULTATS ET INTERPRETATIONS.....</b>	<b>24</b>
III.1. Comportement alimentaire et domaines vitaux .....	24
III.1.1. Activités des groupes marqués.....	24
III.1.2. Type de nourritures consommées par <i>E. rufifrons</i> .....	25
III.1.3. Superficie des domaines vitaux exploités par les groupes marqués .....	25
III.1.4. Distance de dissémination des graines.....	27
III.1.5. Temps de rétention des graines ingérées dans le tube digestif .....	28
III.2. Qualité et quantité de dissémination des graines par <i>E. rufifrons</i> .....	30
III.2.1. Caractéristiques des espèces végétales disséminées .....	30
III.2.2. Taux de germination des graines .....	32
III.2.3. Taux de survie des plantules .....	32
III.2.4. Temps moyen de germination des graines .....	33
III.3. Contribution de <i>E. rufifrons</i> dans la dissémination des espèces de grands arbres fruitiers de la forêt de Kirindy .....	34
III.3.1. Espèces végétales mises en observation .....	34
III.3.2. Disséminateurs potentiels inventoriés.....	35
<b>IV. DISCUSSION ET RECOMMANDATION.....</b>	<b>37</b>
IV.1. Evaluation de l'efficacité de la méthodologie utilisée .....	37
IV.2. Dissémination des graines par <i>E. rufifrons</i> pendant la saison sèche dans la forêt de Kirindy/CNFEREF .....	37
IV.3. Contribution relative de <i>E. rufifrons</i> dans la dissémination des graines des grandes essences de la forêt de Kirindy .....	38
IV.4. Dissémination des graines par <i>E. rufifrons</i> dans les écosystèmes malgaches .....	39
IV.4.1. Dissémination des graines entre forêt dense sèche et forêt dense humide .....	39
IV.4.2. Dissémination des graines des autres groupes de lémuriens .....	40
IV.5. Efficacité de la germination des graines.....	40
IV.6. Perspectives et recommandations.....	41
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>42</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>43</b>
<b>WEBOGRAPHIE.....</b>	<b>51</b>

## LISTE DES ABREVIATIONS

**CI** : Conservation Internationale

**CNFEREF** : Centre National de Formation, d'Etude et de Recherche en Environnement et Foresterie

**CS7** : Conoco Sud bloc 7 (site d'étude)

**DHP** : Diamètre à Hauteur de Poitrine

**DPZ** : Deutsches Primatenzentrum (Centre Allemand de Primatologie)

**DWCT** : Durrell Wildlife Conservation Trust

**G.P.S.** : Global Positioning System

**H<sub>0</sub>** : Hypothèse nulle

**H<sub>1</sub>** : Hypothèse alternative

**MBG** : Missouri Botanical Garden

**MEFT** : Ministère des Eaux, des Forêts et du Tourisme

**Min** : Minimum

**Max** : Maximum

**MZBA** : Mention Zoologie et Biodiversité Animale

**NT** : Near Threatened (quasi-vulnerable)

**N5** : Nord Conoco 5 (site d'étude)

**RN** : Route Nationale

**TPA** : Tropical Biology Association

**UICN** : Union Internationale de la Conservation de la Nature

**USAID** : United States Agency for International Development

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1.</b> Composition des groupes marqués de <i>E. rufifrons</i> de la forêt de Kirindy durant la période d'étude sur terrain.....	13
<b>Tableau 2.</b> Paramètres de germination utilisés pour mesurer la qualité de la germination des graines de <i>E. rufifrons</i> .....	23
<b>Tableau 3.</b> Temps moyen de germination des graines (en jours) pendant trois mois des 11 espèces végétales en pépinière et dans les boîtes de pétri.....	33

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1.</b> Localisation du milieu d'étude Kirindy/CNFEREF .....	8
<b>Figure 2.</b> Localisation des sites d'étude. ....	10
<b>Figure 3.</b> Photos de <i>E. rufifrons</i> .....	12
<b>Figure 4.</b> Schéma d'émission et de réception de fréquences (en hertz) de localisation. ....	13
<b>Figure 5.</b> Photos des matériels utilisés dans la localisation des groupes marqués de <i>E. rufifrons</i> . ....	14
<b>Figure 6.</b> Graines issues des matières fécales de <i>E. rufifrons</i> immergées dans l'eau propre de robinet .....	16
<b>Figure 7.</b> Essai de germination .....	18
<b>Figure 8.</b> Essai de germination en pépinière. 8a. Rangé des sachets en plastiques contenant du terreau, 8b. Jeune plantule.....	19
<b>Figure 9.</b> Camera-traps .....	21
<b>Figure 10.</b> Budgets d'activités de l'ensemble des groupes étudiés. ....	24
<b>Figure 11.</b> Comportement alimentaire de <i>E. rufifrons</i> . ....	25
<b>Figure 12.</b> Domaine vital par groupe de <i>E. rufifrons</i> . ....	26
<b>Figure 13.</b> Nombre d'observations par tranche de la distance de dissémination des graines. 27	
<b>Figure 14.</b> Corrélation entre la taille des graines et la distance de dissémination.....	27
<b>Figure 15.</b> Nombre d'observations par tranche du temps de rétention des graines dans le tube digestif de <i>E. rufifrons</i> . ....	28
<b>Figure 16.</b> Corrélation entre la taille des graines et le temps de passage dans le tube digestif. ....	29
<b>Figure 17.</b> Corrélation entre le temps de passage dans le tube digestif et la distance de dissémination des graines. ....	29
<b>Figure 18.</b> Disponibilité des espèces selon la couleur de leurs fruits.....	31
<b>Figure 19.</b> Succès moyen de germination des graines de 11 espèces végétales.....	32
<b>Figure 20.</b> Succès moyen de survie des plantules issues des graines ayant germé des 11 espèces végétales.....	33
<b>Figure 21.</b> Disséminateurs potentiels et leur proportion relative en frugivorie.....	36

## LISTE DES ANNEXES

<b>Annexe 1.</b> Liste exhaustive des groupes marqués de <i>Eulemur rufifrons</i> au niveau de la forêt de Kirindy .....	I
<b>Annexe 2.</b> Liste des espèces végétales dont leurs graines ont été retrouvées dans les matières fécales de <i>E. rufifrons</i> .....	II
<b>Annexe 3.</b> Inventaire des graines issues des matières fécales collectées.....	III
<b>Annexe 4.</b> Mensuration des graines des espèces végétales inventoriées.....	IV
<b>Annexe 5.</b> Distance de dissémination des graines des 21 espèces végétales inventoriées. ....	V
<b>Annexe 6.</b> Temps de passage des graines des 21 espèces végétales inventoriées dans le tube digestif de <i>E. rufifrons</i> . .....	VI
<b>Annexe 7.</b> Caractéristiques des fruits consommés par <i>E. rufifrons</i> en période pluvieuse.....	VII
<b>Annexe 8.</b> Temps (en jours) et Taux (en pourcentage) de germination et de survie des plantules en pépinière et dans les boites de pétri des 11 espèces végétales retenues pour le semi pendant les 90 jours de terrain. ....	VIII
<b>Annexe 9.</b> Bilan des observations directes et indirectes des sept espèces végétales en vue d'inventorier les espèces animales qui s'intéressent à la consommation de leurs fruits...IX	
<b>Annexe 10.</b> Relevé matinal des températures et humidités relatives à chaque journée de suivi de la germination des graines.....	X
<b>Annexe 11.</b> Caractéristiques de la dissémination des graines par <i>E. rufifrons</i> en période sèche (Ralisoamalala, 1996) et en période pluvieuse (Cette étude).....	X
<b>Annexe 12.</b> Caractéristiques des fruits consommés par <i>E. rufifrons</i> en période sèche à la forêt de Kirindy (Ralisoamalala, 1996). .....	XI
<b>Annexe 13.</b> Distance de dissémination des graines de différents taxa de lémuriens.....	XII
<b>Annexe 14.</b> Temps de passage des graines dans le tube digestif de différents taxa de lémuriens. ....	XII
<b>Annexe 15.</b> Quelques photos du matériel utilisé dans l'étude. ....	XIII

## INTRODUCTION

La production de diaspora pour la perpétuation de son espèce est une étape importante dans le cycle de la vie d'une plante. Dans un tel processus biologique, il peut y exister des interactions mutualistes entre plantes et animaux. Pour Bascompte et Jordano (2007), les réseaux mutualistes sont l'architecture même de la biodiversité de la Terre. Parmi ces interactions, la dissémination est définie comme étant « le déplacement d'une diaspora loin de la plante mère » (Howe & Smallwood, 1982). Les mécanismes de dissémination des graines fait l'objet de plusieurs études écologiques pertinentes pour appuyer et améliorer les actions de conservation de la biodiversité (Howe & Smallwood, 1982 ; Wang & Smith, 2002 ; Bascompte & Jordano, 2007).

A Madagascar, faisant partie du Domaine de l'Ouest, la forêt de Kirindy est une forêt dense sèche caducifoliée. Elle est la plus importante dans toute cette partie occidentale en terme de surface malgré qu'elle n'est pas épargnée du phénomène de régression de son écosystème naturel. Elle abrite le lémurien à front roux méridional (*Eulemur rufifrons*), considéré comme un important agent de dissémination des graines de nombreuses espèces végétales de cette forêt (Ganzhorn & Kappeler, 1996 ; Scharfe & Schlund, 1996 ; Ganzhorn *et al.*, 1999).

Cette importance en tant que disséminateur des graines peut être influencée par plusieurs facteurs notamment les modèles des migrations, le régime alimentaire, la disponibilité de la nourriture et le changement climatique (Howe, 1989 ; Kaplin *et al.*, 1998 ; Ganas *et al.*, 2004 ; Chapman & Russo, 2006 ; Jordano *et al.*, 2007 ; Schupp *et al.*, 2010).

Jusqu'ici, les recherches menées sur l'efficacité de dissémination des graines par *E. rufifrons* se limitent en période sèche (Ralisoamalala, 1996), pourtant la forêt de Kirindy est de type caducifolié, affichant une alternance de saison sèche et de saison des pluies. D'autant plus, l'étude sur la germination des graines issues des fèces de ce lémurien dans cette forêt, en vue d'une reforestation, n'a pas encore été effectuée. Dans ce cadre, il est intéressant de compléter ces études de dissémination des graines par *E. rufifrons* en se basant sur les périodes pluvieuses, caractérisées généralement par l'abondance des fruits (Stevenson, 2000). Ainsi, « quel est le profil disséminateur des graines de *E. rufifrons* dans la forêt de Kirindy pendant les saisons de pluies ?»

Dans ce sens, la présente étude vise à :

- connaitre le régime alimentaire ainsi que le modèle de migration de *E. rufifrons* impliqués dans la dissémination des graines des espèces végétales ;

- étudier l'efficacité de dissémination des graines par le lémurien à front roux méridional ;
- déterminer la contribution relative de *E. rufifrons* dans la dissémination des espèces de grands arbres fruitiers de la forêt de Kirindy.

Au début de cette étude, les hypothèses suivantes ont été avancées :

- la taille des graines influencerait la distance de dissémination et le temps de passage des graines dans le tube digestif de *E. rufifrons* ;
- le taux de germination serait très élevé chez les graines déféquées et non lavées par rapport aux graines témoins et aux graines déféquées et lavées ;
- *E. rufifrons* serait largement le plus important disséminateur des graines par rapport aux autres espèces frugivores de la forêt de Kirindy.

Ce travail se subdivisera en quatre parties. Dans un premier temps quelques généralités avec une synthèse bibliographique seront présentées. Elles seront suivies par la description des matériels et méthodes employés pour atteindre les objectifs fixés. Ensuite, les résultats obtenus seront présentés et interprétés. La quatrième et dernière partie sera dédiée à la discussion et à la conclusion.

## I. GENERALITES

### I.1. Dissémination des graines et zoothorie

Les graines issues des plantes peuvent être disséminées par différents moyens : soit par l'intermédiaire du vent (anémochorie), l'eau (hydrochorie), le poids des fruits (barochorie) et les animaux (zoothorie).

Sous les tropiques, la zoothorie est le mode de dissémination des graines le plus commun pour la majorité des espèces végétales : plus de 90 % de ces espèces d'arbres sont disséminées par des animaux vertébrés frugivores (Howe & Smallwood, 1982 ; Bascompte & Jordano, 2007). L'avantage de la dissémination des graines par les animaux par rapport aux autres facteurs abiotiques est qu'une plus grande proportion de graines peut atterrir dans des environnements similaires à l'arbre parental (Cavallero *et al.*, 2012). Quatre types de zoothories sont possibles : (1) l'endozoothorie dans laquelle les graines sont avalées entièrement par les animaux, passent par leur tube digestif et sortent avec les fèces quand ils font leur besoin ; (2) la synzoothorie dans laquelle les graines, compte tenu de leur taille, ne permettent pas aux animaux de les avaler totalement et sont ainsi obligé d'être recrachés ; (3) l'exozoothorie dans laquelle les graines des plantes sont collées aux plumes ou aux poils des animaux qui fréquentent ces arbres et sont disséminées dans des endroits où ces animaux vont faire leur toilette (en frottant les plumes ou les poils) ou vont tomber durant le déplacement de l'animal ; (4) la dyszoothorie dans laquelle l'animal oublie la cachette où il a stocké ses graines avant sa consommation.

La zoothorie joue un rôle important dans la colonisation des nouveaux habitats favorables chez les plantes, leur permettant d'accroître leurs populations (Howe & Smallwood, 1982 ; Wang & Smith, 2002) et de diminuer la concurrence entre plantules et pieds parentaux ainsi qu'aux agresseurs naturels (spores, parasites, herbivores) (Janzen, 1970 ; Connell, 1971).

L'endozoothorie, mécanisme de dissémination des graines le plus répandu dans les forêts tropicales (Wilson *et al.*, 1989 ; Fleming, 1991 ; Sato, 2012), affiche un intérêt particulier dans la mesure où le passage des graines dans les voies digestives des animaux peut augmenter les probabilités de germination des graines (Wunderle Jr., 1997 ; Birkinshaw, 1999 ; Razafindratsima & Razafimahatratra 2010). Le passage des graines à travers l'intestin de l'animal comprend l'élimination de la pulpe (désinhibition) au niveau des graines, la scarification des graines, la fertilisation à partir de matières fécales des frugivores (Traveset *et al.*, 2007) et la mise à mort des larves se développant dans la graine (Bravo, 2008). Par exemple,

les recherches réalisées par Stevenson (2000) dans la forêt tropicale humide située au parc national de Tinigua en Colombie, ont montré que sur les 112 espèces de plantes différentes étudiées, les taux de germination des graines ingérées par les singes laineux *Lagothrix lagothricha* sont généralement supérieurs que ceux de graines non avalées. Ces primates sont des disséminateurs potentiels de grandes quantités de graines et assurent une probabilité accrue de survie d'une centaine d'espèces végétales.

Attirer les frugivores est crucial pour une plante afin d'assurer sa distribution spatiale. Plusieurs hypothèses ont été proposées pour expliquer la coévolution entre les traits du fruit et les frugivores. Selon McKey (1975), les plantes peuvent adapter la stratégie de production massive des fruits pendant une courte période de fructification pour attirer une grande variété de frugivores opportunistes. D'autres caractéristiques observées surtout chez les végétaux supérieurs comprenant la morphologie, la couleur, la taille, les odeurs, la maturité, la position, la préhension, la protection des fruits ou la composition chimique des nutriments jouent un rôle important dans l'attrait des disséminateurs des graines (Howe & Smallwood, 1982 ; Schaefer *et al.*, 2004 ; Bollen, 2007, Nevo *et al.*, 2018), notamment les oiseaux, les chiroptères et les primates, en raison de leur capacité sensorielle bien développée (Korine *et al.*, 2000 ; Bollen *et al.*, 2004b). Par exemple, les fruits exposés à la limite extérieure des feuillages sont très accessibles pour les vertébrés volants (oiseaux ou chiroptères), par contre les fruits portés par les branches dans les feuillages sont plutôt accessibles aux mammifères arboricoles. Ces adaptations permettent aux plantes de faciliter les interactions mutualistes avec les animaux, d'augmenter les chances de diversification et de répartition des communautés végétales. Tous cela assurent la cohabitation pérenne entre les animaux pouvant se trouver dans le même écosystème en évitant la compétition interspécifique entre frugivores. Toutefois, cette dissémination des graines peut avoir lieu en deux temps. Après le passage des vertébrés frugivores, une dissémination secondaire peut survenir permettant de déplacer les graines tombées au sol encore plus loin des arbres parentaux. Les principaux agents impliqués dans la dissémination secondaire sont les rongeurs et les fourmis (Böhning-Gaese *et al.*, 1999 ; Razafindratsima, 2017).

## I.2. Zoochorie dans les forêts de Madagascar

Madagascar est bien connu pour sa grande biodiversité ainsi que son endémisme exceptionnel, aussi bien sur la flore que sur la faune. Les forêts de Madagascar abritent plus de 90% des espèces d'arbres qui ne se rencontrent nulle part ailleurs (Schatz, 2011). Malheureusement, hormis les continues dégradations et fragmentations menaçant ces forêts

(Ganzhorn *et al.*, 2001 ; Harper *et al.*, 2007 ; Watson *et al.*, 2010 ; Allnutt *et al.*, 2013), la flore malgache est aussi menacée par l'insuffisance et le déclin des populations d'animaux frugivores qui jouent un rôle fondamental dans la dissémination des graines. Chaque année, entre 2000 et 2005, quelques 50 000 ha de forêt ont été détruites (MEFT *et al.*, 2009) et Madagascar a perdu 80% de sa couverture forestière (Scales, 2011). La compréhension du mécanisme de dissémination des graines par des frugivores est importante pour savoir comment préserver la biodiversité et la régénération forestière. Elle permet aussi d'établir des stratégies de conservation des habitats fragmentés à Madagascar, qui abritent l'un des points chauds de biodiversité les plus importants au monde (Ganzhorn *et al.*, 2001).

Madagascar, en raison de son isolement géographique, il n'y existe que trois principaux taxa largement frugivores dans ses forêts : les oiseaux, les chauves-souris et les lémuriens (Fleming *et al.*, 1987 ; Goodman & Ganzhorn, 1997 ; Birkinshaw, 2001 ; Bollen *et al.*, 2004b ; Ganzhorn *et al.*, 2009). La richesse en espèces d'oiseaux est relativement faible par rapport aux autres régions tropicales (Kissling *et al.*, 2012) et seulement environ 10% de ces espèces sont connues comme consommateurs des fruits (Del Hoyo *et al.*, 1992). Le nombre d'études sur la dissémination des graines par les oiseaux et les chiroptères à Madagascar est restreint vu la difficulté à suivre ces animaux sur des longues distances. Cependant, certaines études suggèrent également que les chiroptères frugivores peuvent jouer un rôle important dans la dissémination des graines car elles avalent et défèquent des graines intactes d'espèces végétales des forêts malgaches (Bollen & Van Elsacker, 2002 ; Picot *et al.*, 2007 ; Ratrimomanarivo, 2007). Les chauves-souris peuvent également jouer un rôle important pour assurer l'échange génétique entre les fragments de forêt car elles peuvent parcourir de longues distances à partir de leur gîte pour se nourrir (Bollen & Van Elsacker, 2002 ; Andrianaivoarivelox *et al.*, 2011 & 2012). Par exemple, les analyses fécales faites par Picot *et al.* (2007) ont montré que des graines d'arbres situés au moins à cinq kilomètres du perchoir étaient fréquemment enregistrées dans le régime alimentaire de la chauve-souris malgache *Eidolon duprceanum*.

Les lémuriens passés et actuels sont particulièrement considérés comme les grands disséminateurs des graines dans les écosystèmes forestiers malgaches (Ganzhorn *et al.*, 1999 ; Bollen *et al.*, 2004a ; Wright *et al.*, 2011). Durant le Pléistocène et l'Holocène, l'emploi d'isotopes stables par Crowley *et al.* (2011) a montré que les grands lémuriens éteints notamment *Archaeolemur majori* et *Pachylemur insignis*, ont été probablement des disséminateurs des arbres à graines de grande taille en façonnant les communautés végétales dans les écosystèmes du Sud-Ouest de Madagascar. Actuellement, 91% des lémuriens sont

classés comme à risque de l'extinction (IUCN, 2014) tandis que déjà 25 à 30% sont disparus à cause de la réduction de leur habitat et de la fragmentation forestière (Langrand & Wilmé, 1997). Le sort des espèces végétales disséminées par ce taxon peut être mis en péril et provoquer probablement des perturbations importantes de la structure et de la dynamique des forêts malgaches, qui d'ailleurs, ont une régénération lente (Mittermeier *et al.*, 2014). Nul doute désormais sur les efforts qu'il faut rapidement déployer pour inverser ces chiffres très alarmants sur l'état des populations actuelles des lémuriens de Madagascar (Schwitzer *et al.*, 2013).

Comme tout vertébré frugivore, les lémuriens interagissent aussi avec les traits des fruits d'une majorité des arbres malgaches (Scharfe & Schlund, 1996 ; Birkinshaw, 2001 ; Bollen *et al.* 2004b ; Bollen *et al.*, 2005). Par exemple, des travaux récents de Valenta *et al.* (2013) démontrent que la couleur et l'odeur des fruits prédisent la sélection des fruits chez les lémuriens nocturnes (*Microcebus* spp.), qui ont une vision de couleur dichromatique ; les fruits disséminés par ces espèces présentent un contraste de couleur supérieur à celui des feuilles au claire de lune par rapport aux fruits non-disséminés. Une coévolution continue entre lémuriens-plantes rassure la régénération pérenne des espèces végétales de Madagascar.

En plus de la quantité importante des fruits mûrs dans leur régime alimentaire, les lémuriens de Madagascar sont capables de déféquer des graines de petite et grande tailles, intactes et viables, ce qui peut améliorer la germination des graines et la croissance des plantules (Dew & Wright, 1998 ; Razafindratsima & Razafimahatratra 2010 ; Moses & Semple, 2011 ; Razafindratsima & Martinez, 2012 ; Sato, 2012). Des études ont démontré que des lémuriens frugivores tels que *Varecia* spp. (Razafindratsima & Razafimahatratra 2010 ; Razafindratsima & Martinez, 2012 ; Joromampionona, 2013 ; Martinez & Razafindratsima, 2014) et *Eulemur* spp. (Ganzhorn & Kappeler, 1996 ; Ralisoamalala, 1996 ; Ganzhorn *et al.*, 1999 ; Sato, 2011 ; Tsaramanana, 2012) sont des disséminateurs des graines vu qu'ils sont capables d'avaler des fruits ou des graines entières et par contre les lémuriens tels que *Propithecus* spp. semblent être prédateurs des graines car ils écrasent les graines avec des molaires fortement développé (Ganzhorn & Kappeler, 1996 ; Ralisoamalala, 1996 ; Scharfe & Schlund, 1996 ; Dew & Wright, 1998 ; Overdorff & Strait, 1998 ; Ganzhorn *et al.*, 1999).

En ce qui concerne les reptiles, Pedrono *et al.* (2013) rapportent que les deux espèces éteintes de tortues géantes malgaches (*Aldabrachelys grandis* et *A. abrupta*) pourraient avoir joué un rôle de disséminateur des graines pour les grosses graines aux écosystèmes arides du Sud-Ouest de Madagascar. Tout en restant dans le domaine de l'Ouest, des études montrent que les rongeurs sont en majorité des frugivores, mais ils sont plutôt impliqués dans la

dissémination secondaire des graines puisqu'ils sont capables de déplacer les graines qui sont au sol (Scharfe & Schlund, 1996 ; Ganzhorn *et al.*, 1999 ; Spehn & Ganzhorn, 2000 ; Razafindratsima, 2017).

### I.3. Zoothorie dans la forêt de Kirindy/CNFEREF

La forêt de Kirindy/CNFEREF abrite une biodiversité faunique exceptionnelle et potentiellement impliquée dans la dissémination des graines des forêts sèches occidentales de Madagascar. En ce qui concerne l'herpétofaune de la forêt de Kirindy/CNFEREF, les études sur la dissémination des graines sont encore limitées. Cependant, trois espèces de reptiles frugivores (*Oplurus cuvieri*, *Pyxis planicauda* et *Zonosaurus laticaudatus*) sont répertoriées comme disséminateurs potentiels des graines dans ces écosystèmes (Ganzhorn *et al.*, 1999).

Outre l'herpétofaune, des études sur l'avifaune de la forêt de Kirindy/CNFEREF démontrent que certains oiseaux frugivores peuvent agir comme des disséminateurs effaces des graines. Par exemple, les deux espèces de perroquets, *Coracopsis nigra* et *C. vasa* peuvent être considérées comme des disséminateurs opportunistes car elles ont parfois été observées transportant des graines surtout de l'espèce *Commiphora cf. aprevalii* (cité *C. guillaumini*), par leur bec, loin des arbres parents (Böhning-Gaese *et al.*, 1999).

Au niveau des primates, les lémuriens nocturnes de Kirindy/CNFEREF, tels que *Microcebus* spp. et *Cheirogaleus medius* disséminent potentiellement les graines de petites tailles (Ganzhorn & Kappeler, 1996). Pour le lémurien diurne *Propithecus verreauxi*, son comportement disséminateur s'avère plutôt destructeur des graines étant donné qu'il casse les graines lors de la consommation de ses fruits (Ralisoamalala, 1996).

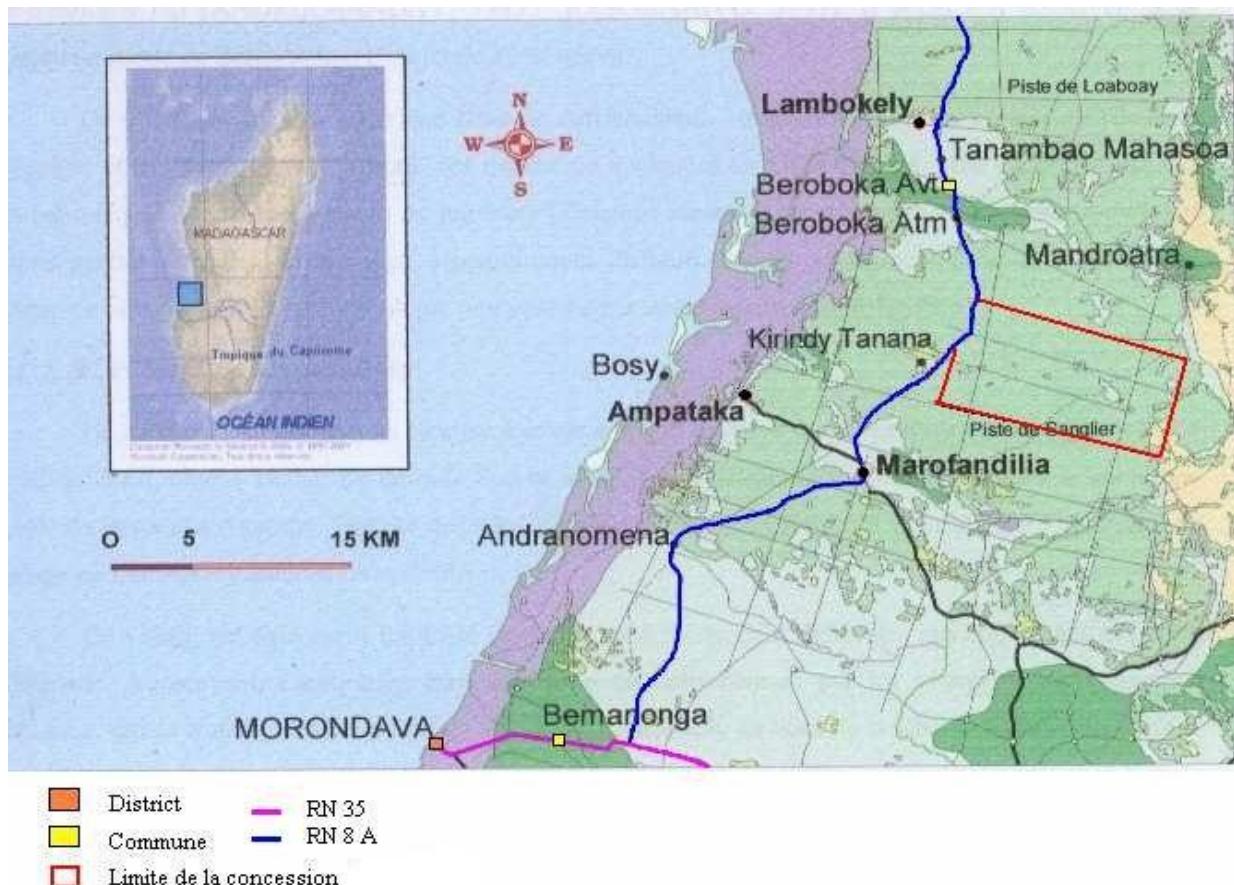
*E. rufifrons*, tout comme *P. verreauxi*, est un lémurien de grande taille et connu pour sa consommation de nombreuses espèces végétales dans la forêt de Kirindy/CNFEREF (Ganzhorn & Kappeler, 1996). C'est un lémurien cathémérale, capable d'avaler des graines à la fois de grande et de petite tailles, et assurer éventuellement le rôle de principal disséminateur des graines de nombreuses communautés végétales de la forêt de Kirindy/CNFEREF (Scharfe & Schlund, 1996 ; Ganzhorn *et al.*, 1999).

Une dissémination secondaire a été également observée dans la forêt de Kirindy/CNFEREF. Böhning-Gaese *et al.* (1999) ont montré que l'espèce de fourmis, *Aphaenogaster swammerdami* joue un rôle de disséminateur secondaire des graines de *C. guillaumini* après la visite des deux espèces de perroquets *C. nigra* et *C. vasa* chez cette espèce de grand arbre.

## II. METHODOLOGIE

### II.1. Zone d'étude et espèce cible

#### II.1.1. Description physique de la zone d'étude



**Figure 1.** Localisation du milieu d'étude Kirindy/CNFEREF (source : CNFEREF, 2006).

La forêt de Kirindy se situe dans le Centre-Ouest de Madagascar à 44°40' E et 20°04' S. Elle se trouve plus particulièrement à 60 km du Nord-Est de la ville de Morondava, dans la région de Menabe et approximativement à 20 km à l'Ouest du Canal de Mozambique (Figure 1).

La forêt de Kirindy, également connue sous le nom de « Forêt des Suisses », faisait partie d'une ancienne concession forestière de 12 500 ha autrefois gérée par la coopération internationale suisse à des fins commerciales, mais couvre actuellement une superficie de 100 000 ha sous la gestion du Centre National de Formation, d'Etude et de Recherche en Environnement et Foresterie (CNFEREF) de Morondava. Depuis 2015, la forêt de Kirindy est incluse dans le Paysage Harmonieux Protégé de Menabe-Antimena, une aire protégée de catégorie cinq nouvellement créée dans la région, et gérée par l'Association Fanamby (Goodman *et al.*, 2018).

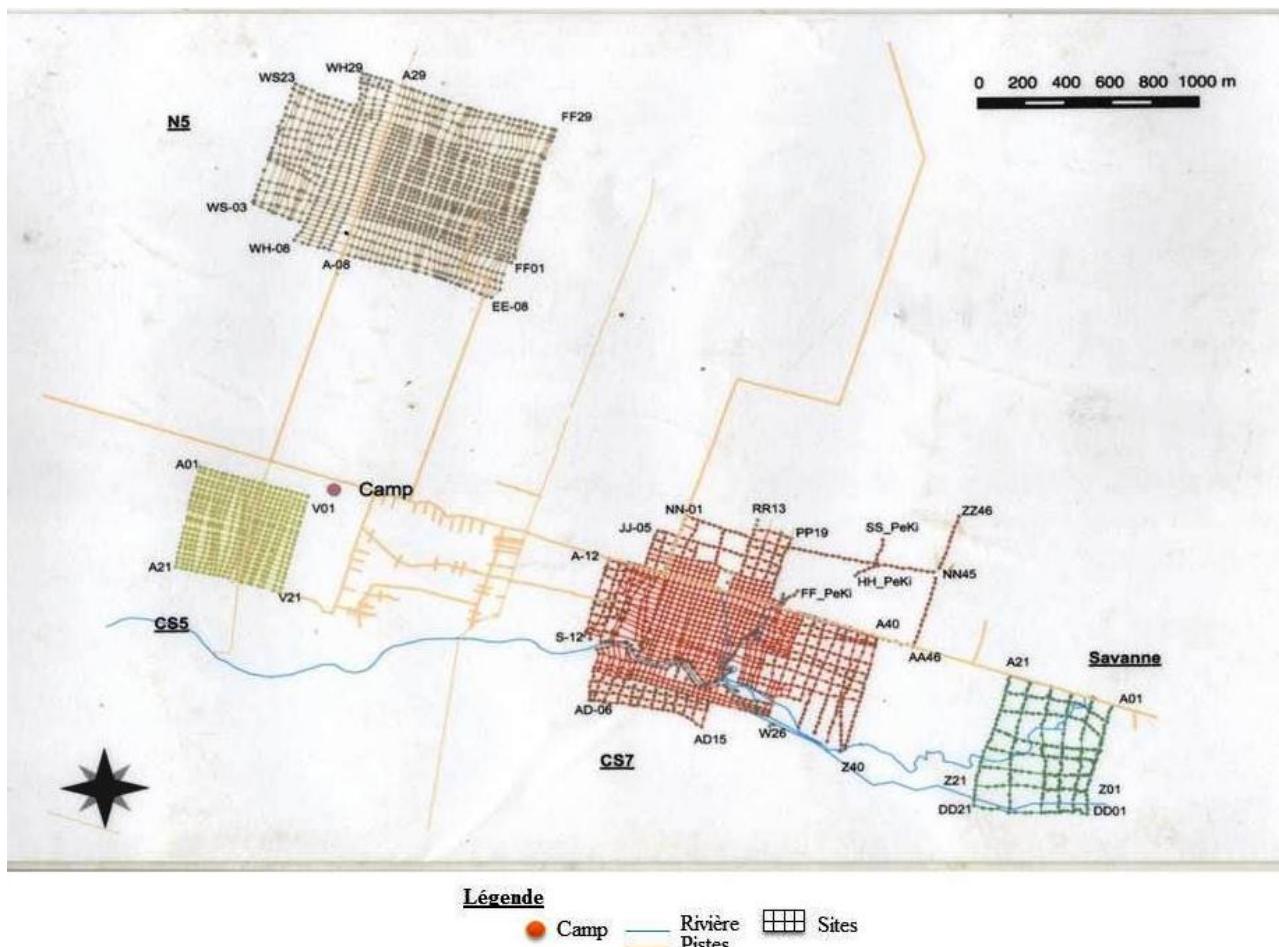
La forêt de Kirindy abrite également une station de recherche scientifique permanente gérée depuis 1993 par le Centre Allemand de Primatologie (DPZ : Deutsches Primatenzentrum) de Göttingen et s'élève de 51 à 78 m d'altitude. Le climat de cette forêt est de type tropical sec avec deux saisons bien marquées : une saison sèche d'Avril à Novembre, et une saison pluvieuse et chaude de Décembre à Mars. La température moyenne annuelle oscille entre 20,0°C et 30,5°C, mais peut atteindre plus de 33,4°C entre septembre et novembre. La pluviométrie moyenne annuelle est d'environ 954 mm (de 1981 à 2017) dont 96% sont enregistrées pendant la saison des pluies (Goodman *et al.*, 2018).

### **II.1.2. Flore et faune de la zone d'étude**

La forêt de Kirindy est formée d'une végétation dense sèche caducifoliée, et constitue l'une des forêts à plus large superficie de l'Ouest de Madagascar (Nelson & Horming, 1993 ; Faramalala, 1995). Elle recèle plus de 200 espèces d'arbres et d'arbustes, et trois espèces de Baobabs y dominent (Kappeler & Fichtel, 2012). Les lianes sont aussi abondantes ; par contre les Bambous et les Pandanus sont concentrés dans la partie périodiquement inondée (Rakotonirina, 1996). La saisonnalité et l'insuffisance d'eau conduisent à l'adaptation des végétaux au stress hydrique tels que les feuilles caduques des arbres, les épines ou les tiges épaisses (Kappeler & Fichtel, 2012).

Quant à sa faune, la forêt de Kirindy renferme une trentaine d'espèces de mammifères dont huit espèces de Primates : six espèces nocturnes (*Microcebus berthae*, *M. murinus*, *Cheirogaleus medius*, *Mirza coquereli*, *Phaner pallescens* et *Lepilemur ruficaudatus*), une espèce diurne (*Propithecus verreauxi*) et une espèce cathémérale (*E. rufifrons*) (Ganzhorn & Kappeler, 1996) ; sept espèces d'Afrosoricidés, cinq de rongeurs, trois de carnivores et sept de chauves-souris (Ganzhorn & Sorg, 1996). Parmi elles, le plus grand rongeur de Madagascar (*Hypogeomys antimena*) est une espèce endémique de la région et menacée. Puis Kirindy abrite également le plus grand carnivore de Madagascar (*Cryptoprocta ferox*) (Mittermeier *et al.*, 2014). La faune reptilienne renferme 44 espèces constituées d'une espèce de crocodile, deux de tortues, 23 de lézards et 18 de serpents (Ganzhorn & Sorg, 1996). Parmi elles, la très rare petite tortue *Pyxis planicauda*, aussi une espèce endémique de la région, est visible uniquement après une averse en Décembre et Janvier (Mittermeier *et al.*, 2014). Pour l'avifaune, Hawkins et Wilmé (1996) ont pu y recenser plus de soixante espèces d'oiseaux dont parmi elles, la sous-famille des Couinae est représentée surtout par *Coua gigas* et *C. coquereli* (Ganzhorn & Sorg, 1996).

### II.1.3. Période et site d'étude



**Figure 2.** Localisation des sites d'étude (Source : DPZ, 2019).

La présente étude a été effectuée pendant trois mois allant du 7 février au 7 mai 2019, correspondant à la période pluvieuse et d'abondance des fruits de la forêt de Kirindy (Goodman *et al.*, 2018). Le CS7 (Conoco Sud bloc 7) et le N5 (Nord Conoco 5) sont les deux sites dans lesquels l'étude a été réalisée. Chaque site est muni d'un système de quadrillage qui subdivise la surface forestière en plusieurs parcelles carrées de 25 m x 25 m (Figure 2).

Chaque parcelle est marquée par une étiquette en plastique portant un nom en lettre avec un indice en chiffre (par exemple : A01, AA2, ...) permettant ainsi l'orientation et l'identification des grilles. Parmi ces deux sites, seul le CS7 est traversé par une rivière (la rivière Kirindy) qui tombe à sec durant la période sèche.

## II.1.4. Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé pendant les 12 semaines d'étude est *E. rufifrons* dont la position systématique est la suivante :

Règne : ANIMAL

Embranchement : VERTEBRES

Classe : MAMMIFERES

Ordre : PRIMATES

Infra-Ordre : LEMURIFORMES

Super-Famille : LEMUROIDAE

Famille : LEMURIDAE

Genre : *Eulemur*

Espèce : *rufifrons* (Bennett, 1833)

Noms vernaculaires : Lémurien à front roux méridional (en français), Red-fronted brown lemur (en anglais) et Gidro (en malagasy) (Mittermeier *et al.*, 2014).

*E. rufifrons* autrefois nommée *E. fulvus rufus*, se classe parmi les lémuriens de grande taille avec une longueur tête-corps de 40 à 48 cm et une longueur totale comprise entre 85 et 103 cm, pour un poids moyen de 2,2 à 2,3 kg (Glander *et al.*, 1992). L'espèce est sexuellement dimorphique. La différence se trouve surtout sur le pelage de l'individu mais la taille est presque de même entre les deux sexes. Chez les mâles, la coloration est grise fer sur le dessus et fauve grisâtre sur le dessous ; la couronne est rousse foncée et la queue est partiellement noire. Chez les femelles, la coloration est grise olive à brunâtre sur le dessus, tandis que le dessous est roux blanchâtre. La tête est roussâtre et l'extrémité de la queue est orange (Ganzhorn & Kappeler, 1996). Les petits ont la même couleur que les mâles adultes (même les bébés femelles), sauf pendant quelques semaines où les petits mâles ont une touffe orange sur le front que les femelles ne l'ont pas (Barthold *et al.*, 2009).

Le lémurien à front roux méridional est présent dans les forêts tropicales sèches du Sud-Ouest de Madagascar, et dans les forêts tropicales humides de plaine et de montagne du Sud-Est jusqu'à 1700 m d'altitude. C'est une espèce qui demande la présence d'une source d'eau pour survivre. Les populations du Sud-Ouest se répartissent dans les forêts sèches situées entre les rivières Tsiribihina et Onilahy tandis que celles de la partie Sud-Est se rencontrent dans la forêt tropicale humide depuis la rivière Mangoro au Nord jusqu'à la rivière Manampatranana au Sud (Mittermeier *et al.*, 2014).

L'espèce vit en groupe et la reproduction est saisonnière. A Kirindy, la population dans la zone d'étude est composée de 30 individus repartis en quatre groupes dont 15 mâles et 15 femelles. Les accouplements se déroulent en mois de juin et les naissances au mois de septembre et octobre (Sussman, 1977). La femelle donne naissance à un seul bébé chaque année (Tattersall, 1982) et rarement des jumeaux (Razafindrakoto, 2007). Cette espèce a été classée « quasi-menacée » (NT) dans l'évaluation de 2012 de la Liste rouge des espèces menacées de l'IUCN (Union Internationale de la Conservation de la Nature). Elle est endémique de Madagascar, menacée par la chasse et la perte de son habitat due à la collecte des bois de chauffe et l'exploitation ligneuse.

*E. rufifrons* est actif la nuit comme le jour (espèce cathémérale) surtout en pleine lune (Donati *et al.*, 1999). Son régime alimentaire se compose d'une quantité importante de fruits mûrs (Ralisoamalala, 1996 ; Ganzhorn & al., 1999). Cette espèce est capable de déféquer des graines de petite et grande tailles intactes et viables, ce qui peut améliorer la germination des graines et la croissance des semis (Scharfe & Schlund, 1996 ; Dew & Wright, 1998 ; Razafindratsima *et al.*, 2014). Les adultes passent une bonne partie de leur temps à être vigilants quand ils se nourrissent dans un endroit découvert (Overdorff, 1998). Ces principaux prédateurs dans la forêt de Kirindy sont *Cryptoprocta ferox* (Goodman *et al.*, 1993), *Polyboroides radiatus* et les hommes (Mittermeier *et al.*, 2014).



3a



3b

**Figure 3.** Photos de *E. rufifrons* mâle (3a) et femelle (3b) (cliché de Nouwair H. A., 2019)

## II.2. Régime alimentaire et modèle des migrations des groupes

### II.2.1. Choix des groupes cibles

La forêt de Kirindy abrite de nombreux groupes de *E. rufifrons*. Parmi eux, il existe des groupes non marqués et des groupes marqués. Seuls les quatre groupes marqués (A, B, F et J) ont été pris en considération pour faciliter la recherche et le suivi des groupes.

**Tableau 1.** Composition des groupes marqués de *E. rufifrons* de la forêt de Kirindy durant la période d'étude sur terrain.

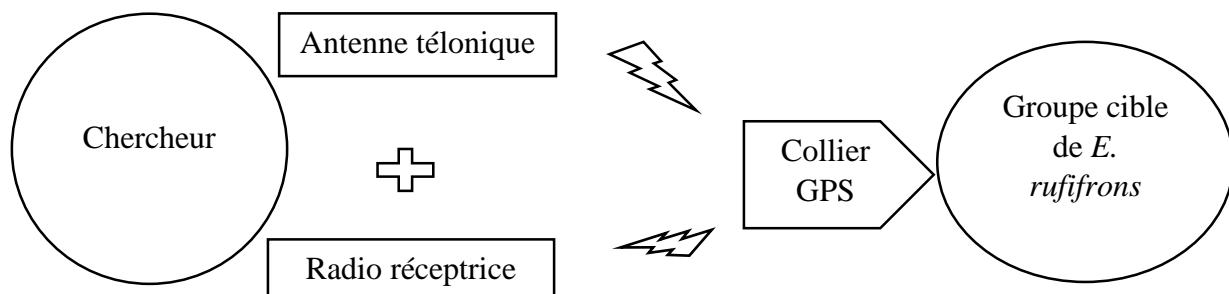
Groupes	Mâles	Femelles	Total
<b>A</b>	3	4	7
<b>B</b>	3	3	6
<b>F</b>	2	4	6
<b>J</b>	7	4	11
<b>Total</b>	15	15	30

### II.2.2. Identification des groupes

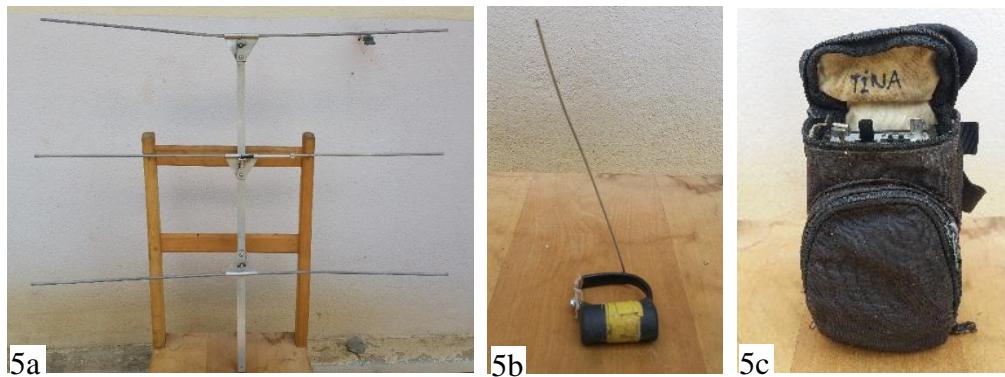
Chaque groupe marqué de *E. rufifrons* est reconnu par une fréquence spécifique (en hertz) grâce à un collier radio porté généralement par une femelle adulte. Au sein d'un groupe, chaque individu porte autour de son cou un collier d'identification muni d'un pendentif dont la couleur et le motif lui sont propres, en plus d'un numéro (ou non). Les informations concernant les individus de chaque groupe (groupe, nom, sexe, collier, pendentif, numéro) sont disponibles dans l'Annexe 1.

### II.2.3. Recherche des groupes

Pour localiser un groupe afin d'assurer facilement l'observation de ses différentes activités, la méthode de *radio-tracking* a été utilisée. Il s'agit d'une antenne de type « Yagi », émettrice de signaux, connectée à une radio réceptrice, avec la fréquence (en hertz) du groupe de *E. rufifrons*. Le signal peut être reçu à une très longue distance de 300 à 900 m du positionnement du groupe (Razafindrakoto, 2007). Durant la période d'étude, la recherche n'a pas impliqué tout contact direct ou manipulation d'animaux.



**Figure 4.** Schéma d'émission et de réception de fréquences (en hertz) de localisation.



**Figure 5.** Photos des matériels utilisés dans la localisation des groupes marqués de *E. rufifrons*. 5a. Antenne Yagi, 5b. Collier GPS, 5c. Radio réceptrice (cliché de Nouwair H. A., 2019).

#### II.2.4. Mesure du domaine vital et comportemental

A l’approche du groupe, le repérage se fait grâce au cri caractéristique ou au contact visuel sur ses individus qui le constituent, en se positionnant de quatre à six mètres de l’animal focal. Au bout de cinq semaines de suivi, de façon alternative des groupes, les observations journalières ont pu être réalisées à l’aide d’un binoculaire et reparties comme suite : 07h00 à 11h00 pour le matin et 14h00 à 17h00 pour l’après-midi. Ces intervalles d’observation ont été considérées du fait que *E. rufifrons* est plus actif pendant ces moments de la journée (Donati *et al.*, 1999). En outre, durant l’étude, une observation peut être interrompue lorsque l’individu focal n’est plus localisable.

La méthode d’observation instantanée (*focal animal sampling*) (Altmann, 1974) a permis de suivre un individu focal pendant de longues heures et noter le type de nourriture (feuille, fleur et nectar, fruit, arthropode, et champignon), l’heure et la durée en minute de consommation. En effet, il y a eu une combinaison entre cette méthode et la méthode d’observation par balayage (*scan-sampling*) (Altmann, 1974).

Quant à cette dernière, elle a permis d’enregistrer pendant toutes les 15 minutes l’activité de la majorité des individus du groupe, catégorisée de la manière suivante (Raloisoamalala, 1996) :

- a) Repos : lorsque les individus du groupe demeurent inactifs, soit assis, soit couchés ;
- b) Alimentation : comprenant la cueillette, la mastication et l’ingestion ;
- c) Déplacement : locomotion d’un endroit à un autre, par terre ou sur les arbres.

Parallèlement à l'enregistrement de l'activité, la position du groupe est également prise toutes les 15 minutes à l'aide d'un GPS (Global Positioning System) avec une précision de moins de 5 m. Par cette méthode, les migrations ont pu être obtenues en vue d'établir une carte du domaine vital de chaque groupe (Stevenson, 2000 ; Razafindratsima *et al.*, 2014).

### **II.2.5. Protocole de suivi des graines ingérées**

Pendant la période d'échantillonnage du comportement alimentaire instantanée de l'individu focal, à chaque point d'alimentation d'un arbre fruitier d'une espèce et à chaque épisode de défécation des graines issues de cet arbre parental probable, les coordonnées G.P.S ont été prises pour pouvoir estimer la distance de dissémination des graines (Stevenson, 2000).

Ensuite, pour estimer le temps de passage des graines dans le tube digestif, il a fallu attendre au moins cinq heures de temps du début de chaque observation journalière, pour commencer à enregistrer l'heure exacte du début d'alimentation d'un arbre à fruit puis après l'heure de la première défécation des graines probablement issues de cet arbre parental (Stevenson, 2000).

## **II.3. Efficacité de la dissémination des graines**

### **II.3.1. Collecte des matières fécales**

Pendant les cinq autres semaines d'échantillonnage, et dans la mesure du possible, toutes les matières fécales fraîches déposées au sol ou sur la végétation basse par l'individu focal (ainsi que des autres membres du groupe qui sont plus proche du focal), ont été collectées et mises dans des flacons plastiques à couvercle pour être ensuite transportées à la station de recherche. A chaque intervalle d'échantillonnage des matières fécales (du matin ou de l'après-midi), seulement 10 flacons soumis à la disposition de l'étude, ont été utilisés. Toutefois, des fèces ont été difficiles à collecter car ils restaient totalement ou partiellement sur la canopée (soit sur le feuillage ou sur les branches) au moment des défécations.

### **II.3.2. Identification des taxa des plantes**

Les graines retrouvées dans les matières fécales ont été dénombrées et classifiées suivant leur taille et leur forme, puis confrontées aux graines dites « témoins » des fruits extraits directement des arbres parentaux dont leurs noms vernaculaires sont déjà familiers pour les techniciens de recherche de la flore locale (Stevenson, 2000 ; Razafindratsima & Martinez, 2012 ; Razafindratsima *et al.*, 2014). Les fruits cueillis dans les arbres pouvaient être mûrs ou non suivant la fructification des espèces. Ensuite, des spécimens de ces espèces de plantes ont

été collectés et séchés pour identification ultérieure. Ainsi, le passage des experts de Missouri Botanical Garden (MBG), puis de Durrell Wildlife Conservation Trust (DWCT) à la forêt de Kirindy coïncidant avec la période de l'étude, ont pu faciliter l'identification de toutes les espèces végétales à fruits dont leurs graines ont été retrouvées dans les matières fécales de *E. rufifrons*. L'usage de quelques guides de terrain tels que « Trees of Kirindy » (Binggeli *et al.*, 2011) et « Clé de détermination de 56 essences ligneuses des forêts denses sèches de la côte Ouest de Madagascar » (Abraham & Schroff, 1991), a permis de réaliser une dernière vérification des noms scientifiques et vernaculaires suivant les traits morphologiques des espèces végétales.

Comme l'étude a été effectuée pendant la saison pluvieuse, cette base des données des espèces de plantes obtenues a été confrontée à la littérature antérieure effectuée en période des pluies sur le régime alimentaire de *E. rufifrons* pour confirmer la concordance des données (Ganzhorn & Kappeler, 1996 ; MBG, 2013) (Annexe 2).

### II.3.3. Prétraitement des graines

Pour tester la viabilité des graines contenues dans les fruits (mûrs ou non), extraits directement sur le pied d'arbre cible, ces derniers ont été mis dans un seau contenant de l'eau propre de robinet. Seul les fruits aux graines viables ont coulé car ils ont une densité plus élevée que les fruits présentant des dommages externes (herbivorie) et internes (vides ou parasités) (Razafindratsima & Martinez, 2012).

Pour tester la viabilité des graines extraites des matières fécales de *E. rufifrons*, et rincées pour ne pas examiner les effets des matières fécales comme engrais, ces graines ont été également immergées dans l'eau propre de robinet et celles de bonne qualité se sont trouvées au fond de l'eau (Joromampionona, 2013).



**Figure 6.** Graines issues des matières fécales de *E. rufifrons* immergées dans l'eau propre de robinet (cliché de Nouwair H. A., 2019).

#### **II.3.4. Catégorisation des graines mises en germination**

Les expériences de germination ont été effectuées suivant trois types de graines :

- ❖ un lot de graines non ingérées (ou graines témoins) extraites des fruits frais de toutes les espèces végétales cibles, et utiles pour examiner l'effet de l'ingestion sur la germination ;
- ❖ un lot de graines collectées dans les matières fécales de *E. rufifrons*, et rincées pour éliminer les matières fécales ainsi que les résidus de fruits pour ne pas examiner les effets des matières fécales comme engrains ;
- ❖ un lot des graines provenant des matières fécales de *E. rufifrons* et non lavées pour prendre en compte les effets des matières fécales comme engrais.

#### **II.3.5. Mensuration des graines**

La longueur et la largeur (diamètre la plus large) des graines collectées dans les fèces ont été enregistrées à l'aide d'un pied à coulisse avec précision de 0,01 mm (Bollen *et al.*, 2004a ; Razafindratsima & Martinez, 2012). Pour chaque espèce végétale dont le nombre total de leurs graines est inférieur à cinq, toutes les graines ont été mesurées. Par contre, pour les autres espèces dont le nombre de leurs graines dépasse cinq, uniquement cinq graines ont été sélectionnées au hasard dans les mensurations (Sato, 2012).

Considérant que les graines ont généralement la forme cylindrique (Tsaramanana, 2012), la taille d'une graine correspondant à un volume cylindrique est obtenue par la formule suivante :

$$Taille = \pi \times \left(\frac{l}{2}\right)^2 \times L = \pi \times r^2 \times L$$

avec  $l$  = la largeur (ou diamètre) de la graine ;  $L$  = longueur de la graine ;  $r$  = rayon de la graine.

D'après les observations, *Microcebus murinus*, lémurien de petite taille, est capable d'avaler des graines atteignant une taille volumique jusqu'aux environs de 150 mm<sup>3</sup>. Cette dernière a été utilisée comme critère pour distinguer les graines de petite taille ( $\leq 150$  mm<sup>3</sup>) et celles de grande taille ( $> 150$  mm<sup>3</sup>).

En outre, seules les graines  $> 1$  mm de long ont été impliquées dans les expériences de germination car les plus petites graines  $\leq 1$  mm de long ont été indénombrables (Stevenson, 2000). Des graines fécales de *E. rufifrons* issues d'une espèce de plante n'ont pas été prises en compte dans les expériences de germination, en raison de leur nombre insuffisant.

En effet, pour une espèce végétale, au minimum six graines déféquées sont à repartir dans tous les types d’expérience de germination. Suite au test de viabilité des graines, celles qui ont émergées, sont aussi exclues de l’expérience de germination.

En attendant le moment de la mise en germination, les graines collectées ont été conservées dans des petites enveloppes blanches en papier, puis exposées au soleil et mises à l’abri de la pluie (Bollen *et al.*, 2004b ; Sato, 2012).

### II.3.6. Expérience de germination dans des boites de pétri

Les trois types de graines de chaque espèce végétale inventoriée pour la germination ont été distribués au même nombre égal et placés dans des boites de pétri jetables (9 cm de diamètre) contenant un coton humidifié d’eau propre (Stevenson, 2000). Les graines y sont disposées de manière à ce qu’elles ne s’accolent pas, soit une distance double de la longueur des graines. Les boites de pétri portent chacune une étiquette mentionnant le type de graines, le nom de l’espèce végétale et la date du semi, puis elles sont déposées dans une enceinte du DPZ à l’abri du rayonnement solaire extrême afin d’éviter le dessèchement rapide du matériel expérimental.

Une vérification générale de la levée de germination a été effectuée tous les quinze jours pour suivre l’évolution des graines de chaque espèce durant les trois mois de terrain. De ce fait, le nombre de graines ayant germé, la hauteur de la plantule et l’état des graines (normales ou pourries) ont été enregistrés. Dès lors, chaque fois que le coton est sec dans une boîte de pétri, de l’eau propre a été ajoutée à l’aide d’une micropipette.



**Figure 7.** Essai de germination dans des boites de pétri. 7a. Boite de pétrie étiquetée, 7b. Graines à l’état pourri, 7c. présence d’une graine ayant germé (cliché de Nouwair H. A., 2019).

### II.3.7. Expérience de germination en pépinière

Dans la même enceinte du DPZ où ont été déposées les boites de pétri, un emplacement a été également réservé pour les essais de germination en pépinière.

Les trois types de graines ont été bien évidemment mis séparément dans des sachets en plastiques non perforés (25 cm x 15,5 cm) contenant du terreau puisé tout près de *Tamarindus indica* pour améliorer la qualité de la germination (Ramalanjaona, 2013).

Chaque sachet en plastique porte aussi une étiquette mentionnant les mêmes informations que celles des boîtes de pétri. Les graines y sont disposées de la même manière que dans les boîtes de pétri.

Le suivi de la germination s'est déroulé au même moment que celui des boîtes de pétri et les éléments suivants ont été notés : le nombre de graines ayant germé et la hauteur de la plantule. A chaque fois que le terreau est sec dans un sachet, de l'eau propre a été additionnée.



**Figure 8.** Essai de germination en pépinière. 8a. Rangé des sachets en plastiques contenant du terreau, 8b. Jeune plantule (cliché de Nouwair H. A., 2019).

#### II.3.8. Expérience de germination sur le sol forestier

Les trois types de graines ont été semés directement sur le sol forestier des deux sites (N5 et CS7) dans les conditions naturelles de précipitation et de température de la forêt de Kirindy. Les parcelles de terrain dédiées à l'expérience (une par site) ont été dépourvues de dénivellation et à l'abri d'un ensoleillement direct.

Le semi a été organisé en trois lignes respectivement pour les trois types de graines, et des petits piquets permettent de porter les étiquettes mentionnant les mêmes informations que celles des deux autres expériences décrites ci-dessus. L'intervalle entre lignes est égal à 8 cm, celui entre les graines est égal à 10 cm. Ces graines sont recouvertes du substrat de 0,5 à 1 cm (Raloisoamalala, 1996).

Une vérification de la levée de la germination a été réalisée également au même jour que celle des boîtes de pétri et de la pépinière pour suivre l'évolution des graines de chaque espèce au bout des trois mois de terrain. Aucun arrosage n'a été effectué sur ce type d'expérience.

## **II.4. Contribution relative de *E. rufifrons* dans la dissémination des espèces de grands arbres de la forêt de Kirindy**

### **II.4.1. Critères d'observation des disséminateurs potentiels**

Pour inventorier les disséminateurs potentiels des espèces de grands arbres de la forêt afin de connaitre la proportion relative allouée à *E. rufifrons*, sept espèces végétales dont leur hauteur moyenne est supérieure à 5 m, ont fait l'objet d'observations pendant deux semaines.

En effet, l'observation d'une espèce de plantes se fait en deux jours consécutifs de manière directe puis indirecte par camera-traps dans les deux sites de recherches (CS7 et N5). Pour délimiter les plots botaniques d'échantillonnage des disséminateurs (*Plots methods*), les critères suivants ont été pris en compte : 2,24 m x 4,47 m (10 m<sup>2</sup>) pour les arbres de 3 à 4 m de hauteur, et puis 7,07 m x 14,14 m (100 m<sup>2</sup>) pour les arbres supérieurs à 4 m (Ganzhorn *et al.*, 2011). Pour savoir la disponibilité et l'abondance des fruits d'un plot, la densité des arbres fruitiers d'une espèce cible ayant un DHP (diamètre à hauteur de poitrine) supérieur ou égal à 10 cm et produisant des fruits charnus a été utilisée comme repère (Stevenson, 2000). Pour calculer le DHP, il a fallu mesurer la hauteur du tronc d'arbre à 130 cm du sol et divisé la circonférence de l'arbre à cette hauteur par 3,14 (valeur de  $\pi$ ).

### **II.4.2. Observation directe**

Chaque jour, l'observation directe a été effectuée en quatre intervalles de deux heures de temps : 7h00 à 9h00 (meilleur moment pour observer les oiseaux), de 9h00 à 11h00 et de 15h00 à 17h00 (moment propice pour les activités des primates diurnes), et de 19h00 à 21h00 (moment de forte activité des primates nocturnes) (Charles-Dominique *et al.*, 1981). La distance entre le chercheur et le plot d'observation est de 6 à 10 m (Bollen *et al.*, 2004a) et les coordonnées GPS ainsi que le DHP et la hauteur maximale de chaque arbre de l'espèce cible ont été enregistrés. Lorsqu'un frugivore visite les arbres choisis pour l'étude, l'identité de l'animal et le comportement de dissémination ont été notés. L'observation directe est toujours rendue possible grâce à l'utilisation du binoculaire.

### **II.4.3. Observation indirecte**

A chaque fin d'observation directe, deux camera-traps ont été installés face à face de façon à couvrir le maximum de pieds de plantes sur le sol. Les camera-traps ont été programmés pour prendre une photo à chaque mouvement détecté jusqu'à la matinée du deuxième jour.

La visualisation du camera le lendemain a permis d'identifier l'espèce animale ayant visité les graines tombée au sol. Cette méthode a été utilisée principalement pour capter le comportement disséminateur des rongeurs.



**Figure 9.** Camera-traps (cliché de Nouwair H. A., 2019)

#### **II.4.4. Identification des espèces disséminateurs**

Suivant les traits morphologiques, l'identification des frugivores a été rendu possible grâce à l'utilisation des guides de terrain tels que les « Lémuriens de Madagascar » (Mittermeier *et al.*, 2014) pour les primates, « Birds of Madagascar and the Indian Ocean islands » (Hawkins *et al.*, 2015) pour les oiseaux et « Mammals of Madagascar » (Garbutt, 2007) pour les chauves-souris et les rongeurs.

### **II.5. Technique d'analyse des données**

#### **II.5.1. Polygone convexe minimal**

Le polygone convexe minimal est une méthode qui consiste à produire une estimation de la dimension d'un domaine. Il est utilisé pour définir les limites du domaine vital de chaque groupe de *E. rufifrons*. Pour ce faire, les coordonnées GPS enregistrées toutes les 15 minutes ont été transformées en un système de coordonnées métriques décimales (x et y) dans QGIS 2.18.28, un logiciel SIG (système d'information géographique) pour estimer les surfaces parcourues par les quatre groupes d'étude de *E. rufifrons* ainsi que les chevauchements entre ces différents domaines de migrations (Williams-Guillen & McCann, 2001 ; Razafindratsima *et al.*, 2014).

#### **II.5.2. Analyses statistiques**

##### **❖ Tests de normalité**

Le logiciel R version 3.6.1. a été utilisé pour les analyses des données. Le test de Shapiro-Wilk (pour les échantillons  $< 50$ ) et le test de Kolmogorov-Smirnov (pour les échantillons  $\geq 50$ ) ont dû préalablement être employés pour pouvoir se prononcer sur le choix des tests

paramétriques ou non-paramétriques appropriés, car ils permettent de vérifier la normalité de la distribution des données. L'hypothèse nulle  $H_0$  dit que « les données sont distribuées selon une loi normale ». L'hypothèse alternative  $H_1$  indique que « les données ne sont pas distribuées selon une loi normale ». P-value ( $\alpha=0,05$ ) est le seuil de décision.

❖ *Test  $X^2$  (Chi2)*

Dans cette étude, ce test a permis de comparer les catégories de graines (les graines des matières fécales avec ou sans résidus ; les graines de grande taille et celles de petite taille), les catégories des fruits et la contribution relative de *E. rufifrons* dans la dissémination des espèces de grands arbres fruitiers. Le test  $X^2$  est un test non-paramétrique requis pour analyser un ou plusieurs échantillons à variables qualitatives nominales. Il est utilisé pour tester si différents effectifs sont proportionnellement proches, en fixant une distribution théorique homogène. Le  $H_0$  dit que « les effectifs observés n'ont pas la même proportion » et le  $H_1$  est « les effectifs observés sont proportionnellement identiques ». Si  $\alpha$  est inférieur ou égal à 0,05, la différence entre les observations est significative.

❖ *Test de corrélation de Pearson*

Pour cette étude, ce test a permis de mesurer l'interdépendance linéaire entre la taille des graines et la distance de dissémination, la taille des graines et le temps de rétention des graines dans le tube digestif, mais également le temps de passage dans le tractus digestif et la distance de dissémination des graines provenant des matières fécales. C'est un test paramétrique qui consiste à savoir s'il existe ou non une relation entre deux variables quantitatives continues. Le coefficient de corrélation  $r$  est comprise entre -1 et 1. Une valeur positive de  $r$  indique une corrélation positive. Une valeur négative de  $r$  reflète une corrélation négative. Une valeur de  $r$  proche de zéro montre qu'il n'y pas de relation entre les deux variables. Pour ce test, la valeur de p-value dépend du coefficient  $r$  de corrélation de Pearson. Son  $H_0$  stipule que « il existe une corrélation entre les deux variables », et  $H_1$  indique que « il n'y a pas une dépendance entre les deux variables ». Si  $\alpha$  est inférieur ou égal à 0,05, la relation entre les deux variables est significative.

❖ *Test apparié de Wilcoxon*

Ce test a permis de déceler la différence du taux de germination entre les types des graines : les graines témoins les graines déféquées et lavées, et les graines déféquées et non lavées, puis la différence du taux de survie des plantules. Il s'agit d'un test non-paramétrique

de comparaison de deux variables qualitatives ordinaires dépendantes. Si  $\alpha$  est inférieur ou égal à 0,05, les deux échantillons sont significativement différents, et dans le cas contraire, les deux échantillons ne sont pas significativement différents.

❖ *Statistiques descriptives :*

Pour les données non-traitables par un test, la statistique descriptive a été utilisée dans la comparaison de l'activité des groupes, du comportement alimentaire, la moyenne de la distance de dissémination et du temps de rétention des graines dans le tube digestif, la comparaison du temps de germination. *Microsoft Excel version 2016* permis de visualiser les histogrammes et les diagrammes.

### II.5.3. Estimation des paramètres de germination

L'efficacité de la dissémination s'appuie sur le calcul des paramètres de germination des graines, à savoir le taux de germination, le temps moyen de germination et le taux de survie des plantules issues des trois types de graines mises en germination (graines témoins, graines déféquées et lavées, graines déféquées et non lavées) (Ranal & De Santana, 2006).

**Tableau 2.** Paramètres de germination utilisés pour mesurer la qualité de la germination des graines de *E. rufifrons*.

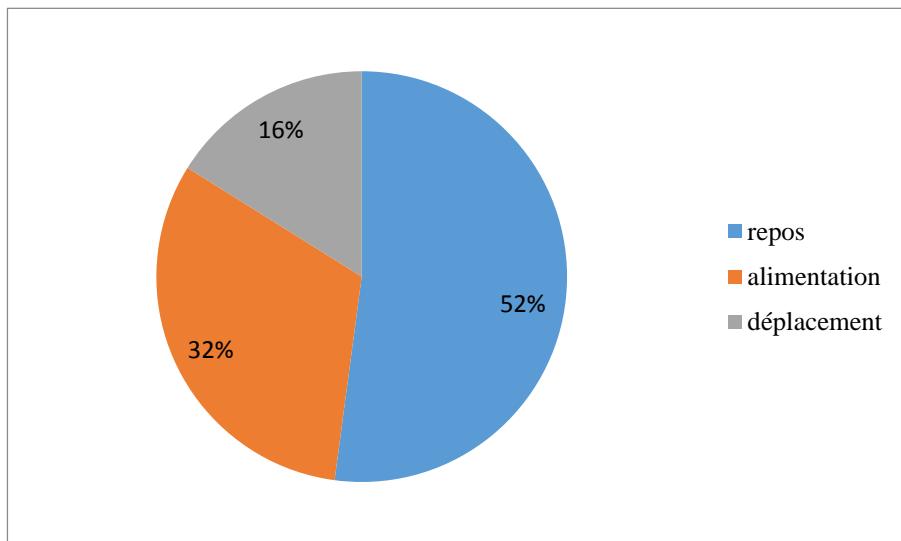
Paramètres	Définition	Expression	Termes
Taux de germination	Pourcentage des graines ayant germé par rapport aux graines mises à germer	$\frac{G}{N} \times 100$	<b>G</b> : nombre total de graines ayant germé <b>N</b> : nombre total de graines mises à germer
Temps moyen de germination	Temps moyen que mettent les graines à germer	$\frac{\sum J_i G_i}{\sum G_i} \times 100$	<b>Gi</b> : nombre de graines ayant germé au jour i <b>Ji</b> : nombre de jours depuis le semis
Taux de survie des plantules	Pourcentage des plantules viables par rapport aux graines ayant germé	$\frac{X}{G} \times 100$	<b>X</b> : nombre de plantules ayant survécu <b>G</b> : nombre total de graines ayant germé

### III. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

#### III.1. Comportement alimentaire et domaines vitaux

Les 30 individus repartis sur les quatre groupes marqués de *E. rufifrons* ont été tous observés sans exception.

##### III.1.1. Activités des groupes marqués

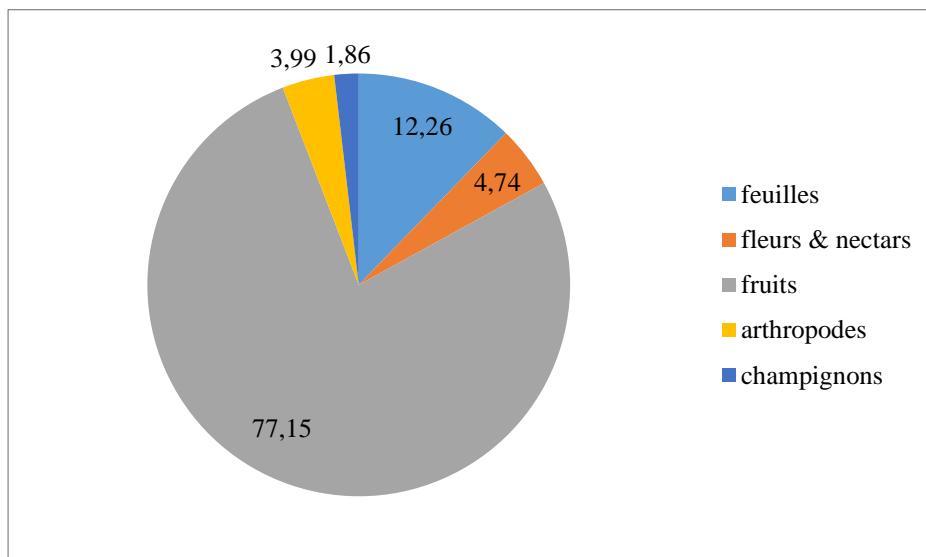


**Figure 10.** Budgets d'activités de l'ensemble des groupes étudiés.

Le diagramme circulaire ci-dessus montre que le repos occupe la moitié du comportement des groupes de *E. rufifrons* par rapport à l'alimentation et au déplacement. La majeure partie du temps dédié au repos peut s'expliquer par le comportement cathémérale de l'animal. En effet, le lémurien à front roux méridional est actif la nuit, surtout pendant la claire de lune, à la recherche de nourriture. Alors, à l'arrivée du matin au deuxième jour, la fatigue induit à l'animal au repos. Comme l'étude a été effectuée en période pluvieuse, les épisodes de forte humidité ont également influencé les individus à rester immobiles puis se coller entre eux pour échange de chaleur.

Puis le temps consacré à alimentation des groupes est deux fois plus élevé que celui de la locomotion. Cela signifie que l'animal ne dépense pas beaucoup d'énergie physique pour trouver de la nourriture. Le fait que le temps d'alimentation est important, cela augmente la probabilité pour ce primate de croiser plus de variétés de nourritures, notamment des graines.

### III.1.2. Type de nourritures consommées par *E. rufifrons*



**Figure 11.** Comportement alimentaire de *E. rufifrons*.

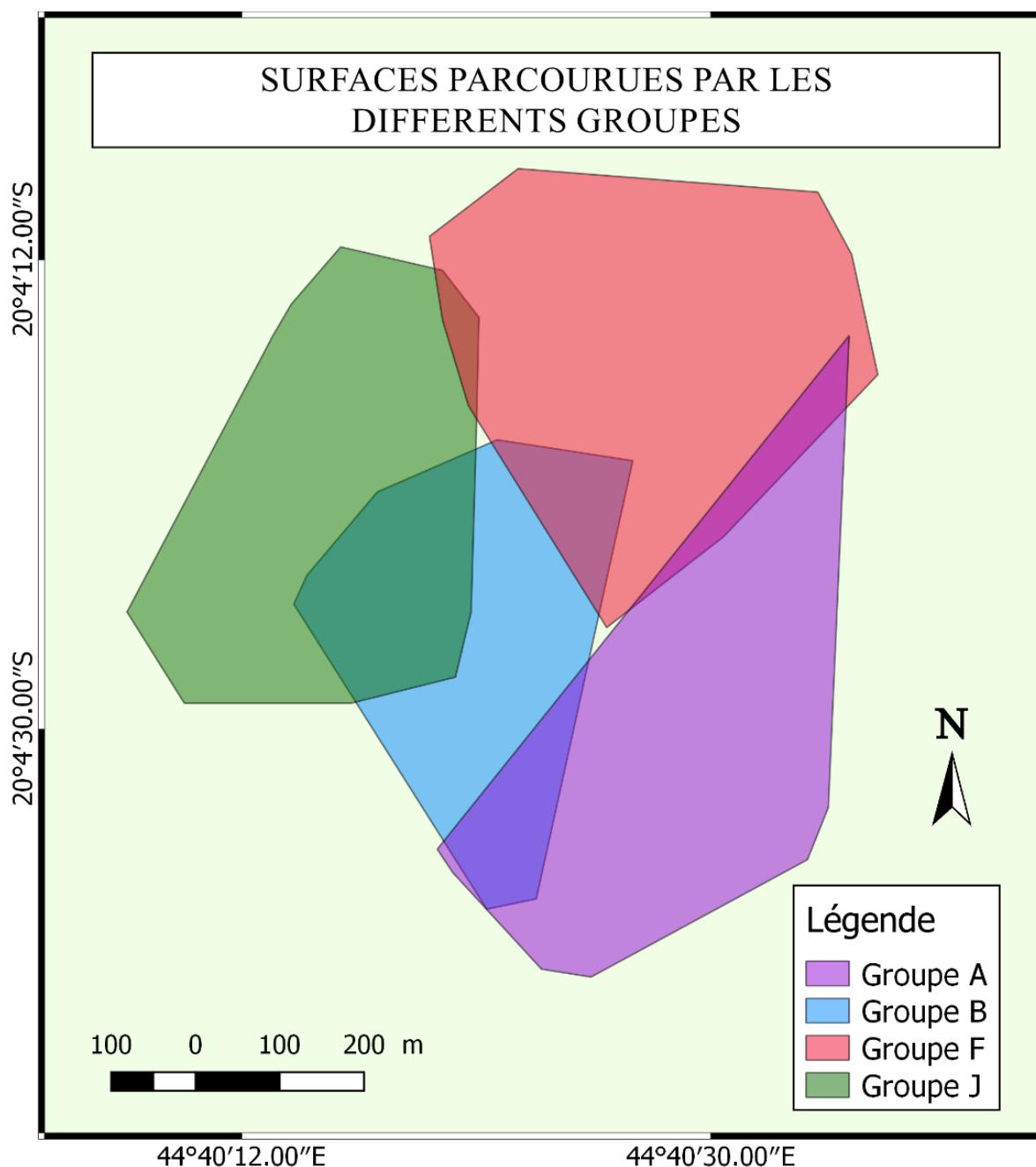
La figure 11 ci-dessus montre que *E. rufifrons* possède dans son régime alimentaire plusieurs types de nourritures, de nature végétale comme les feuilles, les fruits, les fleurs et les nectars, les champignons ; et de nature animale, plus particulièrement les arthropodes. Cela signifie que cette espèce animale est un omnivore.

Toutefois, cette espèce accorde plus de trois quart de son temps d'alimentation à se nourrir des fruits ( $n= 3230$  minutes). Ceci explique que l'animal est généralement frugivore et que la période pluvieuse abonde largement des plantes fruitières. La consommation des fruits augmente ainsi la probabilité pour l'animal de déféquer plusieurs graines, susceptibles de participer à la régénération de la forêt.

### III.1.3. Superficie des domaines vitaux exploités par les groupes marqués

Sur une superficie totale de 65,3 ha, le groupe A a exploité un domaine vital de 17,9 ha ; 13,2 ha pour le groupe B ; 18 ha pour le groupe F et 16,2 ha pour le groupe J. Ce résultat montre que les domaines vitaux ne sont pas très éloignés les uns des autres en terme de surface parcourue. Le groupe B fait plutôt exception car son domaine vital semble plus restreint par rapport aux autres. Cela peut s'expliquer par le fait que les groupes A, F et J disposent chacun une surface de chevauchement importante avec le groupe B (figure 12). Du point de vue de l'espace, le groupe B est encerclé par les autres groupes.

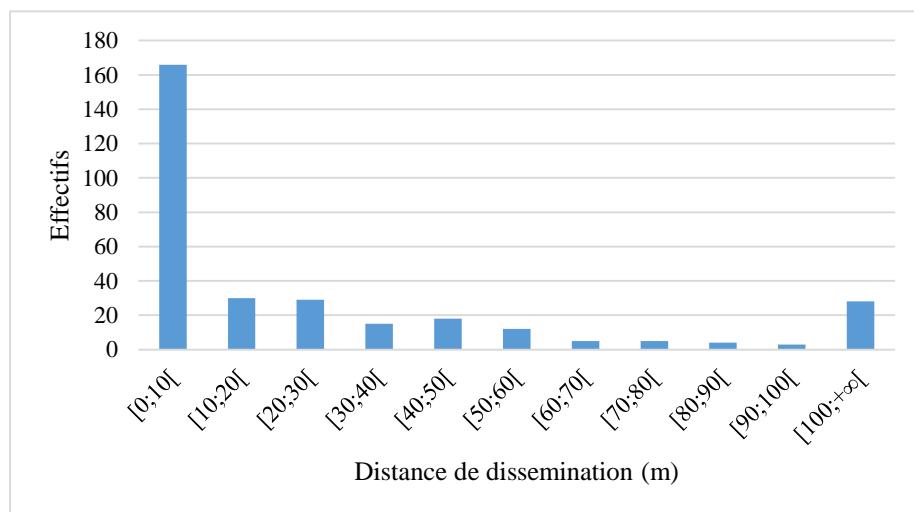
Comme le groupe A est composé de sept individus, six pour B, six pour F et 11 pour J, elle montre que le déplacement du groupe pour l'exploitation de l'espace ne dépend pas forcement du nombre d'individus. Mais cette répartition de la surface du domaine vital est plutôt liée à la disponibilité des fruits et à la répartition des espèces végétales dans l'espace. Dans ces conditions, le déplacement des individus peut favoriser la dissémination des graines.



**Figure 12.** Domaine vital par groupe de *E. rufifrons* (Figure générée avec le logiciel QGIS 2.18.28).

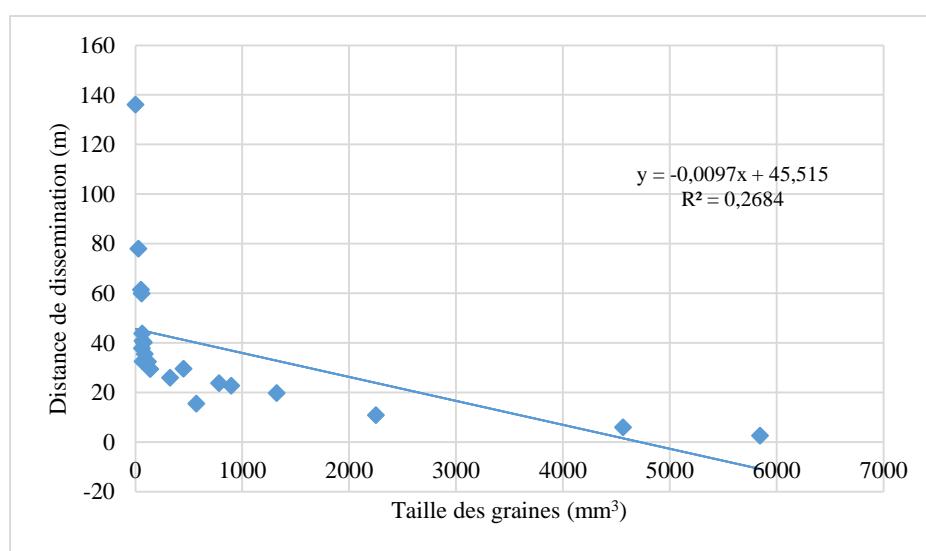
### III.1.4. Distance de dissémination des graines

Avec les échantillonnages sur les 21 espèces végétales inventoriées, *E. rufifrons* réalise une distance moyenne probable de dissémination des graines, dite distance de Jenzen-CConnell, qui est égale à  $32,5 \pm 73,9$  m ( $n = 315$  observations ; min = 0 m ; max = 801,3 m) (Annexe 5). Cela signifie certainement que les graines ingérées sont déplacées loin de leurs pieds d'arbres parentaux probables.



**Figure 13.** Nombre d'observations par tranche de la distance de dissémination des graines.

L'intervalle de distance de dissémination des graines, compris entre 0 à 10 m, est environ cinq fois plus élevé par rapport à n'importe quel autre intervalle (Figure 13). Dans ce cas, il est à comprendre que le lémurien à front roux méridional dissème les graines généralement à faible distance.

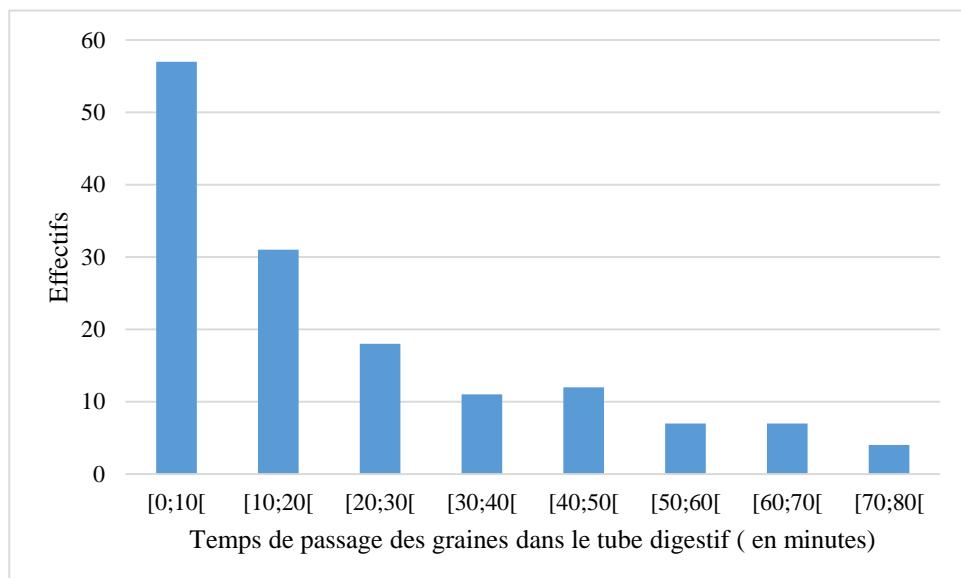


**Figure 14.** Corrélation entre la taille des graines et la distance de dissémination.

Le test de corrélation de Pearson entre la taille moyenne des graines déféquées (Annexe 4) et la distance moyenne de dissémination de chacune des 21 espèces végétales inventoriées (Annexe 5) met en évidence l'existence d'une corrélation négative et significative ( $\alpha = 0,002$  ;  $r = - 0,518$ ) (Figure 14). Cette corrélation négative signifie que plus la taille des graines augmente, plus la portée de la dissémination de ces graines diminue. Cela pourrait être dû à une sensation d'avoir l'estomac plein lorsque l'animal ingurgite plus de graines à grande taille.

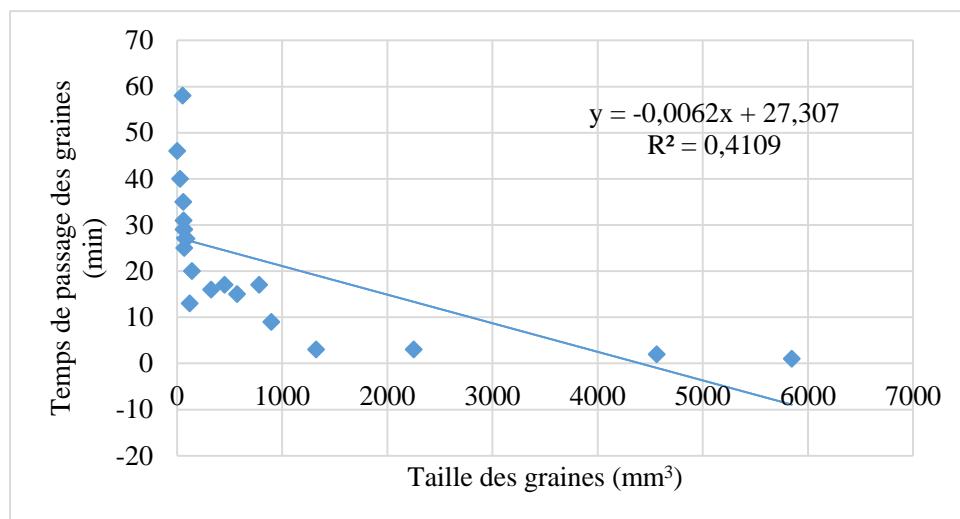
### **III.1.5. Temps de rétention des graines ingérées dans le tube digestif**

Le temps de passage des graines dans le tube digestif du lémurien étudié est estimé en moyenne à  $21 \pm 19,9$  minutes ( $n = 147$  observations ;  $\min = 0$  ;  $\max = 73$  minutes) suivant l'étude de 21 espèces végétales (Annexe 6). Le fait que l'animal a cette capacité de rétention des graines dans son tractus digestif, cela pourrait augmenter la probabilité pour les graines à être déplacées loin de leurs arbres parentaux étant donné que les groupes marqués demeurent mobiles.



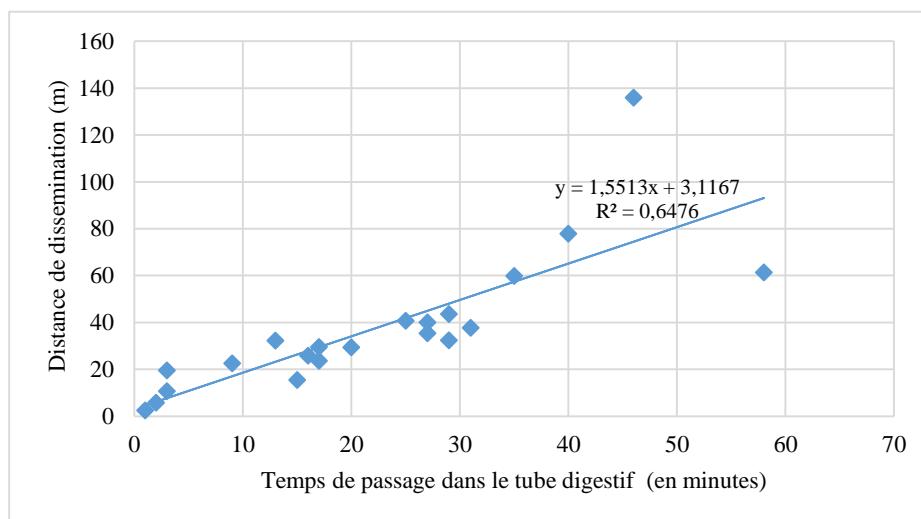
**Figure 15.** Nombre d'observations par tranche du temps de rétention des graines dans le tube digestif de *E. rufifrons*.

La figure ci-dessus montre que le lémurien à front méridional est capable de retenir dans son estomac les graines avalées, dans la majorité des cas jusqu'aux alentours de 10 minutes. Cela peut s'expliquer par le fait que les lémuriens sont de petite taille par rapport aux primates connues en général. Leurs estomacs ne sont pas en mesure de stocker beaucoup de graines pendant des longues heures.



**Figure 16.** Corrélation entre la taille des graines et le temps de passage dans le tube digestif.

Le test de corrélation de Pearson entre la taille moyenne des graines déféquées (Annexe 4) et le temps moyen de passage dans le tube digestif (Annexe 6) indique qu'il y a une corrélation négative et significative entre ces deux variables ( $\alpha = 0,002$  ;  $r = - 0,641$  ;  $n = 21$ ) (Figure 16). Cette corrélation négative signifie que plus la taille des graines augmente, plus le temps de passage dans le tube digestif de l'animal diminue. L'estomac dépense plus d'énergie pour évacuer rapidement les graines jugées de grosse taille par rapport au corps de l'animal.



**Figure 17.** Corrélation entre le temps de passage dans le tube digestif et la distance moyenne de dissémination des graines.

Il existe également une corrélation significative, mais cette fois-ci positive entre le temps moyen de passage des graines dans le tube digestif et la distance moyenne de dissémination de ces dernières ( $\alpha = 1,091e^{-05}$  ;  $r = 0,804718$  ;  $n = 21$ ) (Figure 17).

Cette situation s'explique par le fait que plus l'animal se déplace alors que les graines ne sont pas encore déféquées, plus la distance de dissémination l'est aussi.

### **III.2. Qualité et quantité de dissémination des graines par *E. rufifrons***

#### **III.2.1. Caractéristiques des espèces végétales disséminées**

En se référant à l'Annexe 3, les résultats du dénombrement des graines à partir des échantillons fécaux issus de *E. rufifrons*, indiquent 80% de graines sont avec des résidus de pulpes ou d'écorces des fruits consommés et 20% seulement de ces graines déféquées n'ont pas de résidus. D'après le test  $X^2$ , la différence entre les effectifs observés des deux catégories de graines est significative ( $\alpha = 2,2e^{-16}$ ; ddl = 1).

Ainsi, ces résultats démontrent bien la capacité du lémurien à ingérer une quantité importante de graines dans son tube digestif. La présence des pulpes ou résidus sur les graines déféquées montre que l'animal est un grand consommateur des fruits. L'absence de pulpe ou résidus explique que le passage des graines à travers le tube digestif de l'animal élimine la pulpe des fruits et scarifie les graines.

La collecte de ces matières fécales a permis d'inventorier jusqu'à 21 espèces végétales. Ceci montre que le lémurien à front roux méridional dissème de nombreuses espèces de plantes dans son habitat. *Berchemia discolor* demeure l'espèce végétale qui a la proportion relative la plus élevée, avec 24% des graines dénombrées. Cela signifie qu'il est l'espèce la plus abondante en fruits préhensibles par *E. rufifrons* pendant les saisons pluvieuses. Des espèces comme *Terminalia boivinii* (18%), *Tacca pinmatifida* (14%), *Carphalea kirondron* (13%), *Poupartia silvatica* (10%), *Tinospora uviforme* (7%) et *Grewia lavanalensis* (6%) peuvent secondairement compléter cette liste des espèces qui ont une large dissémination de leurs graines.

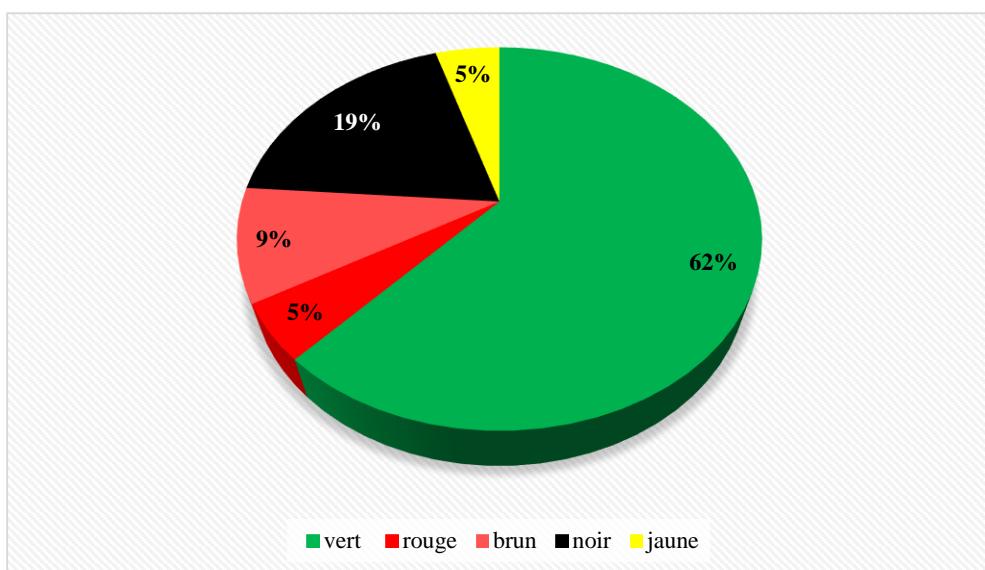
Toutefois, le reste des espèces de plantes a un faible pourcentage relatif de graines retrouvées dans les matières fécales, de l'ordre inférieur ou égale à un. Au niveau du genre, *Commiphora* spp. et *Grewia* spp. possédant deux espèces chacun sont les plus représentés.

Selon l'Annexe 7, la famille des Rubiaceae compte jusqu'à quatre espèces de plantes inventoriées. Elle est suivie des familles des Burseraceae, des Malvaceae et des Rhamnaceae composées chacune de deux espèces. Le primate étudié semble intéressé par les fruits indéhiscents et charnus. Il préfère aussi bien les drupes (62%) que les baies (38%).

D'après le test  $X^2$ , la différence entre les effectifs observés des deux types de fruits n'est pas significative ( $\alpha = 0,275$  ;  $n = 21$ ). Ainsi, la présence de la pulpe et du jus contenue dans les fruits charnus joue un rôle important dans l'attrait des lémuriens à front roux méridional.

En ce qui concerne la couleur de ces fruits, l'animal est attiré plus particulièrement par les fruits verts (Figure 18). Cela montre que les fruits verts ont été largement plus disponibles pendant la période de l'étude.

L'animal s'intéresse également à 71% pour les arbres, 19% pour les arbustes et 10% pour les lianes. Cela signifie que le lémurien étudié est un animal arboricole qui préfère mieux prendre de la hauteur. Cette critère permet au lémurien de disséminer aussi les graines des fruits qui se retrouve plus haut.

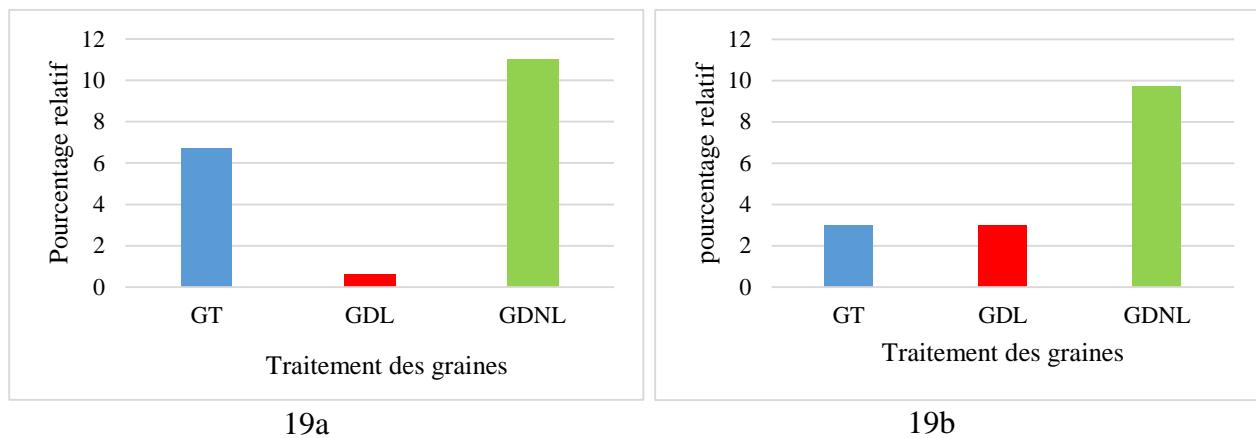


**Figure 18.** Disponibilité des espèces selon la couleur de leurs fruits ( $n = 21$ ).

D'après l'Annexe 4, la taille volumique des graines varie de 0,1 à 5945,4 mm<sup>3</sup>. Les graines de petite taille représentent 57% et celles de grande taille sont de 43%. D'après le test  $X^2$ , la différence entre les effectifs observés des deux catégories de graines en fonction du nombre d'espèces n'est pas significative ( $\alpha = 0,513$  ; ddl = 1).

Cette situation démontre que *E. rufifrons* dissémine aussi bien les graines de petite taille que les graines de grande taille. Ceci permet à plusieurs espèces fruitières d'augmenter leur chance d'être disséminées notamment par endozoochorie.

### III.2.2. Taux de germination des graines



**Figure 19.** Succès moyen de germination des graines de 11 espèces végétales en pépinière (19a) et dans les boîtes de pétri (19b). (GT : graines témoins. GDL : graines déféquées et lavées. GDNL : graines déféquées et non lavées)

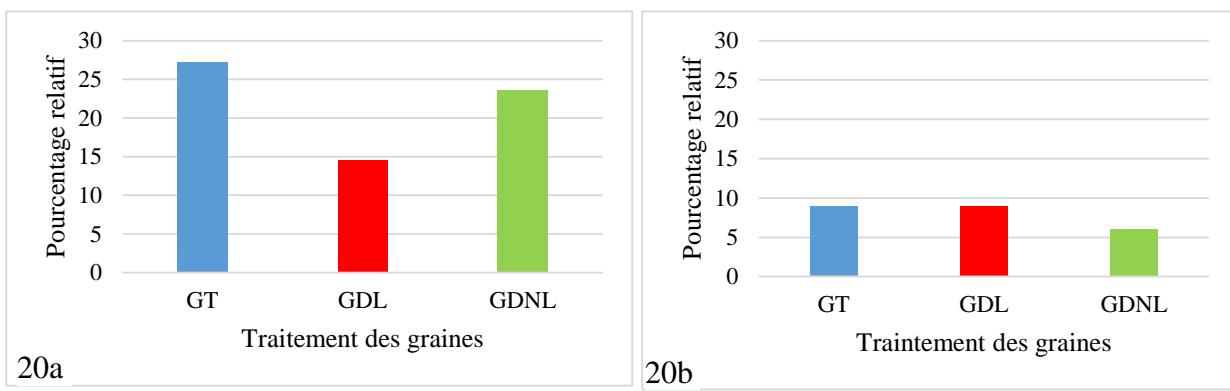
Les graines des 11 espèces végétales ont été mises en germination, tant sur la pépinière, dans les boîtes de pétri et sur le sol forestier (Annexe 3). Pendant la période d'étude, aucune graine n'a germé sur le sol forestier. Cela signifie que la germination des graines de ces espèces végétales demande un temps long dépassant plus de trois mois.

Cependant, en se penchant sur les deux autres types d'expérience, le taux moyen de germination est faible (Figure 19). Il est certainement à remarquer que le taux de germination des graines déféquées et non lavées est plus élevé par rapport aux deux autres types de graines (graines témoins, et graines déféquées et lavées). Par le test de Wilcoxon, la comparaison deux à deux des pourcentages du type de graines montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les espèces végétales ( $\alpha = 1$  ;  $n = 33$ ) (Annexe 8).

Le passage des graines dans le tube digestif améliore le succès de germination. Par contre, le lavage des graines déféquées réduit le taux de germination. Ceci dit que les matières fécales de *E. rufifrons* participent à l'accélération de la germination des graines forestières.

### III.2.3. Taux de survie des plantules

Parmi les 11 espèces végétales dont leurs graines sont mises en germination, le taux de survie des plantules est également faible comme l'indique la Figure 20 ci-après (en se référant à l'Annexe 8). Par le test de Wilcoxon, la comparaison deux à deux des pourcentages du type de graines montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les espèces végétales ( $\alpha = 1$  ;  $n = 33$ ).



**Figure 20.** Succès moyen de survie des plantules issues des graines ayant germé des 11 espèces végétales en pépinière (20a) et dans les boîtes de pétri (20b). (GT : graines témoins. GDL : graines déféquées et lavées. GDNL : graines déféquées et non lavées).

Toutefois, le taux de survie des plantules est plus important en pépinière qu'en boîte de pétri quel que soit le type de graines. Dans les boîtes de pétri, les conditions sont très favorables aux microbes et parasites par rapport à celles de la pépinière. Cela provoque la mise à mort rapide des nouvelles plantules.

### III.2.4. Temps moyen de germination des graines

**Tableau 3.** Temps moyen de germination des graines (en jours) pendant trois mois des 11 espèces végétales en pépinière et dans les boîtes de pétri.

Paramètres	Graines témoins	Graines déféquées et lavées	Graines déféquées et non lavées
Pépinière	11	6	6
Boîte de pétri	2	2	4

Le Tableau 3 ci-dessus montre que, pour qu'un semi commence à germer, il faut attendre autour d'une semaine pour l'expérience en pépinière (Annexe 8). Par contre, la germination des graines débute assez tôt dans les boîtes de pétri (moins d'une semaine) (Annexe 8).

### **III.3. Contribution de *E. rufifrons* dans la dissémination des espèces de grands arbres fruitiers de la forêt de Kirindy**

#### **III.3.1. Espèces végétales mises en observation**

Il y a eu sept espèces végétales qui ont pu faire l'objet des observations pour relever les disséminateurs potentiels à Kirindy :

- ❖ *Berchemia discolor* : 12 arbres ont été observés dont quatre sur le site N5 et huit sur le site CS7. Le DHP varie de 14 à 30 cm (moyenne =  $22 \pm 5,1$  cm) et la hauteur est comprise entre 6 et 9 m (moyenne =  $8,1 \pm 1,1$  m).
- ❖ *Breonia perrieri* : 11 arbres ont été observés dont trois sur le site N5 et huit sur le site CS7. Le DHP varie de 18 à 40 cm (moyenne =  $25,5 \pm 6,4$  cm) et la hauteur est comprise entre 7 et 10 m (moyenne =  $7,7 \pm 1,1$  m).
- ❖ *Colubrina decipiens* : 18 arbres ont été observés dont six sur le site N5 et 12 sur le site CS7. Le DHP varie de 9 à 30 cm (moyenne =  $17,9 \pm 6,7$  cm) et la hauteur est comprise entre 6 et 10 m (moyenne =  $7,6 \pm 0,9$  m).
- ❖ *C. cf. aprevalii* : six arbres ont été observés dont trois dans chacun des deux sites. Le DHP varie de 18 à 43 cm (moyenne =  $28,3 \pm 8,8$  cm) et la hauteur est comprise entre 7 et 9 m (moyenne =  $8,3 \pm 0,8$  m).
- ❖ *Grewia lavanaleensis* : 21 arbres ont été observés dont six sur le site N5 et 15 sur le site CS7. Le DHP varie de 4 à 26 cm (moyenne =  $10 \pm 5,2$  cm) et la hauteur est comprise entre 5 et 7 m (moyenne =  $5,8 \pm 5,8$  m).
- ❖ *P. silvatica* : 11 arbres ont été observés dont un seulement sur le site N5 et les 10 autres restants sur le site CS7. Le DHP varie de 17 à 49 cm (moyenne =  $33,8 \pm 9,5$  cm) et la hauteur est comprise entre 6 et 13 m (moyenne =  $8,1 \pm 2,4$  m).
- ❖ *T. boivinii* : huit arbres ont été observés uniquement sur le site CS7. Le DHP varie de 4 à 12 cm (moyenne =  $7,6 \pm 2,7$  cm) et la hauteur est comprise entre 3,5 et 10 m (moyenne =  $6 \pm 2,1$  m).

Sur l'ensemble de ces espèces végétales soumises à l'étude, il est à remarquer que nombreuses d'entre elles ont le plus d'arbres observés en CS7 qu'en N5.

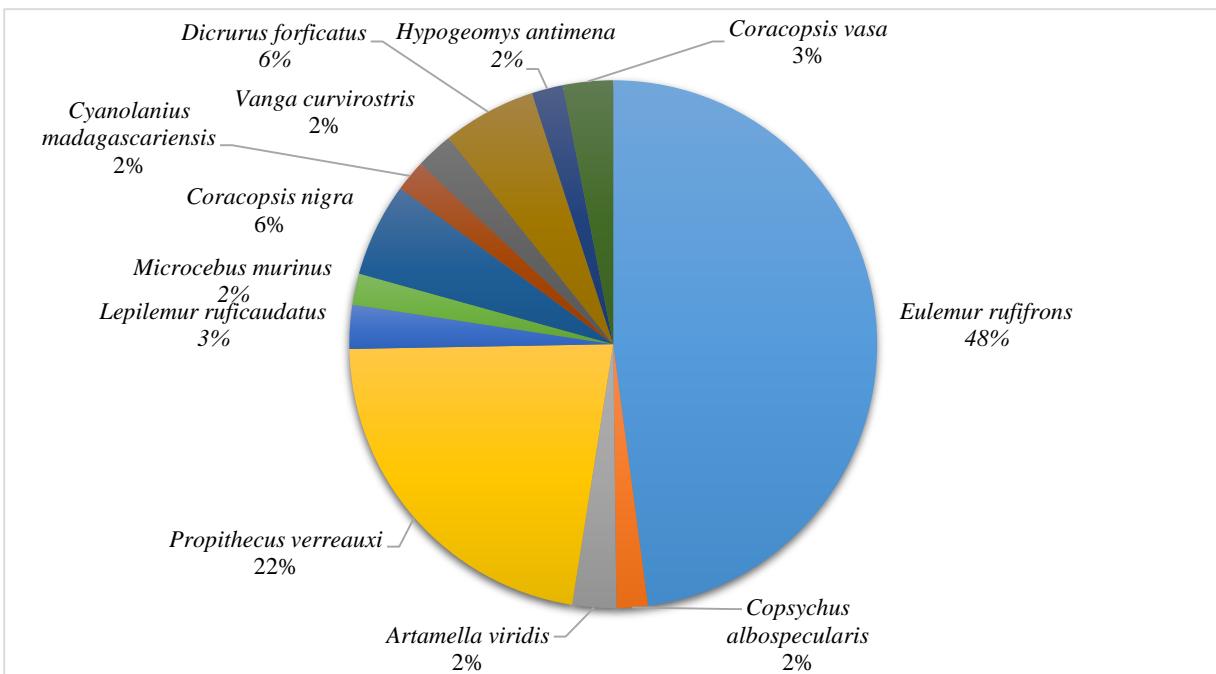
En effet il existe plus de grands arbres au niveau de CS7. A cet effet, les groupes marqués séjournent habituellement dans le bloc. Les lémuriens de grandes tailles sont généralement peu observables dans le bloc N5, à l'inverse des lémuriens nocturnes de petites tailles.

### III.3.2. Disséminateurs potentiels inventoriés

Plusieurs frugivores ont été inventoriés dont six espèces d'oiseaux, quatre espèces de lémuriens et une espèce de rongeur, sur l'ensemble des sept espèces végétales observées. Seul *Eulemur rufifrons* a été observé sur la totalité de ces espèces d'arbres. Cela démontre que l'animal a la facilité d'appréhender tout type de graines, que ce soit grand ou petit. *Propithecus verreauxi* et *Lepilemur ruficaudatus* ont été inventoriés sur six espèces végétales à l'exception respective de *Grewia lavanalensis* et *Commiphora cf. aprevalii*. Dans ce cas de figure, le primate diurne présente quelques difficultés à exploiter toutes les ressources fruitières, liées à leurs grandes molaires inefficaces dans la préhension des fruits de petite taille à l'inverse du primate nocturne pour certaines espèces dont leurs fruits sont de grande taille.

Les grands perroquets *Coracopsis nigra* et *C. vasa* ainsi que le gros rat sauteur *Hypogeomys antimena* ont été observés sur cinq des espèces végétales, à l'exception de *Breonia perrieri* et *Terminalia boivinii*. Pour les deux espèces d'oiseaux, cela peut s'expliquer du fait que *T. boivinii* est représenté par des petits arbres et sa canopée est couverte par plusieurs grands arbres qui rendent la visibilité assez difficile étant donné que les deux perroquets volent assez haut. Malgré que *B. perrieri* est une espèce d'arbre à hauteur élevé, la taille de ses graines est extrêmement petite faisant défaut à l'attrait de ces deux grands oiseaux. Pour le cas du grand rongeur, les graines de *B. perrieri* qui tombent au sol s'éparpillent et sont difficiles à prendre. L'absence du rat sauteur tout près des graines de *T. boivinii* s'explique par le fait qu'aucun arbre de cette espèce végétale n'a été observé sur le site N5 où le rongeur demeure le plus actif.

D'autres potentiels disséminateurs, comme le primate (*M. murinus*) et les oiseaux : *Dicrurus forficatus*, *Vanga curvirostris*, *Cyanolanius madagascariensis*, *Artamella viridis* et *Copsychus albospecularis*, sont également inventoriés sur une ou deux des espèces végétales soumises aux observations. D'après le test  $X^2$ , la différence entre les effectifs observés sur l'ensemble des disséminateurs potentiels des graines est significative ( $\alpha = 2,2e^{-16}$  ;  $ddl = 11$ ).



**Figure 21.** Disséminateurs potentiels et leur proportion relative en frugivorie (Annexe 9)

Malgré cette diversité spécifique, le comportement de dissémination est aussi varié. Le lémurien cathémérale ainsi les lémuriens nocturnes sont capables d'avaler des fruits entiers et digérer leurs graines. Ils ont un comportement de dissémination des graines. Le lémurien diurne détruit les graines lors de la consommation des fruits. Il a un comportement de prédation des graines.

Quant aux deux espèces de perroquets, elles jettent au sol les graines, généralement tout près du pied parental, à travers leur bec lors de la consommation des fruits. Elles ont un comportement de régurgitation et de largage des graines. Les autres espèces d'oiseaux de petites tailles et/ou de tailles moyennes, ne consomment pas les graines. Le picotement répétitif des fruits permet un déplacement minime des graines. Ces oiseaux ont un comportement d'éparpillement et de largage des graines.

Pour le rat sauteur, il est capable d'avaler des graines tombées au sol. Par conséquent, le lémurien à front roux méridional demeure de loin le vrai disséminateur primaire des graines des écosystèmes forestiers, du domaine de l'Ouest de Madagascar.

En outre, les fourmis *Aphaenogaster swammerdami* ont été observés dans la dissémination secondaire des graines de *C. cf. aprevalii*, *G. lavanalensis* et *T. boivinii*, mais il a été difficile de les dénombrer durant cette étude.

## **IV. DISCUSSION ET RECOMMANDATION**

### **IV.1. Evaluation de l'efficacité de la méthodologie utilisée**

L'étude a été basée sur les quatre groupes marqués. Parfois, un ou deux, voire même trois groupes peuvent être disparus pendant quelques jours, ce qui freine parfois les travaux d'observation étant donné que plusieurs chercheurs se trouvent obligés de travailler sur le même groupe. Cette situation n'est pas très favorable vu qu'elle peut augmenter le stress chez les individus du groupe et modifier ainsi leur comportement. Il est donc recommandable de marquer les autres groupes non-marqués qui se trouvent dans la zone d'étude ; ce qui pourrait également permettre d'augmenter la taille de l'échantillonnage.

Pour la représentation des domaines vitaux, il est aussi préférable de disposer des cartes géoréférencées du site, afin de pouvoir superposer les coordonnées GPS des migrations avec celles de la zone d'étude. Ce qui permettrait d'obtenir une meilleure représentation et une précision des lieux exacts de l'échantillonnage.

Le poids des graines n'a pas pu être pris en compte dans la présente étude. Pourtant, il pourrait donner des informations utiles quant au passage des graines dans le tractus digestif et/ou sur l'identification des espèces végétales à inventorier. Pour cette dernière, l'élaboration d'un manuel commun des espèces de plantes par les chercheurs du DPZ comprenant les noms scientifiques et vernaculaires avec des illustrations en couleur des feuilles, fleurs, fruits, troncs et graines, peut s'avérer d'un grand atout pour les prochaines générations et recherches.

### **IV.2. Dissémination des graines par *E. rufifrons* pendant la saison sèche dans la forêt de Kirindy/CNFEREF**

La présente étude qui s'est effectuée en période des pluies (allant du début de février jusqu'à début de mai 2019), montre que le lémurien à front roux méridional multiplie par cinq son domaine vital par rapport à la saison sèche et double sa consommation des fruits en richesse spécifique.

Les matières fécales collectées ont permis de déceler *Berchemia discolor* (Rhamnaceae) comme l'espèce végétale la plus exploitée en saison pluvieuse. Les activités journalières de locomotion et/ou d'alimentation débutent un peu plus tard vers 8h00 ou 9h00 du matin. Quant aux essais de germination, 11 espèces ont eu leurs graines mises en germination et seules trois ont pu donner des plantules viables surtout dans les expériences réalisées en pépinière.

Les travaux de Ralisoamalala (1996) réalisés pendant la saison sèche (de mai à juillet), montrent un domaine vital avoisinant autour d'une superficie de 12,3 ha et une dissémination des graines de 12 espèces végétales. Les activités journalières (mobilité et/ou alimentation) commencent tôt entre 06h30 et 07h30 et *G. cyclea* (Malvaceae) demeure l'espèce végétale la plus exploitée. Au total, six espèces avaient leurs graines mises en germination en pépinière : (graines témoins) extraites directement des pieds d'arbres cibles et graines fécales récoltées. Aucune graine des espèces végétales n'a donné de plantule (Annexe 12).

La variation saisonnière met en exergue le constat selon lequel la saison des pluies permet d'accroître considérablement le domaine vital et induire à la production et à l'abondance de plusieurs variétés de fruits. Ce qui facilite une meilleure dissémination des graines pour de nombreuses espèces de plantes (Annexe 11) (Stevenson, 2000).

#### **IV.3. Contribution relative de *E. rufifrons* dans la dissémination des graines des grandes essences de la forêt de Kirindy.**

L'observation sur les sept espèces végétales, à savoir *B. discolor*, *B. perrieri*, *C. decipiens*, *C. cf. aprevalii*, *G. lavalensis*, *P. silvatica*, et *T. boivinii*, a montré que le lémurien à front roux méridional est largement le plus important disséminateur des graines. *H. antimena* était le seul rongeur qui a été inventorié dans les observations sur *B. discolor*, *P. silvatica* et *G. lavalensis*. Les fourmis *Aphaenogaster swammerdami* ont été observés en train de déplacer les graines de cette dernière espèce végétale ainsi que *C. cf. aprevalii* et *T. boivinii*. Aucune présence des reptiles, des chauves-souris et d'autres rongeurs, n'a été décelée.

Ganzhorn et ses collaborateurs (1999) ont évalué les matières fécales de plusieurs taxa frugivores, en captivité durant leurs travaux d'expériences et ont montré que seul *E. rufifrons* demeure le principal disséminateur des graines viables, de grande et de petite tailles de nombreuses espèces de plantes par rapport aux autres taxa comme les reptiles, les oiseaux, les chauves-souris ou les rongeurs. Leurs travaux montrent également que les parcelles de la forêt sans cette espèce avaient moins d'arbres disséminés par rapport aux parcelles où elle s'y trouve. Ce qui indique que la régénération de la forêt dépend de la présence de ce disséminateur des graines. Les travaux de Scharfe et Schlund (1996), réalisés uniquement sur deux espèces végétales, telles que *P. silvatica* et *B. discolor* ont montré qu'il est le seul frugivore capable d'ingérer des grosses graines intactes et de les disséminer plus loin de leur arbre parental.

Quant à l'espèce de grand arbre *C. cf. aprevalii* (citée *C. guillaumini*), elle a fait l'objet de plusieurs observations et les travaux de Böhning-Gaese et ses collaborateurs (1999) puis ajoutés à ceux de Bleher et Böhning-Gaese (2000, 2001, 2006) ont montré que le petit perroquet vasculaire *C. nigra* est le principal contributeur dans la dissémination des graines de cette essence forestière. Cependant les graines n'avaient pas parcouru très loin (seulement à 0,9 m) et la probabilité de survie des plantules est de 15%.

Plusieurs chercheurs se sont mis d'accord à l'idée que les rongeurs de la région tels que *H. antimena*, *Eliurus myoxinus*, *Macrotarsomys bastardi* sont d'importants prédateurs des graines (Scharfe & Schlund, 1996 ; Böhning-Gaese *et al.*, 1999 ; Ganzhorn *et al.*, 1999 ; Spehn & Ganzhorn, 2000 ; Bleher & Böhning-Gaese, 2006). Seuls les fourmis *A. swammerdami* restent les véritables disséminateurs secondaires des graines, plus particulièrement des espèces de *C. cf. aprevalii* (Böhning-Gaese *et al.*, 1999 ; Bleher & Böhning-Gaese, 2006), *G. lavanalensis* et *G. glandulosa* (Spehn & Ganzhorn, 2000). Il semble que le succès de germination des graines disséminées secondairement par ces fourmis est 4,5 fois plus élevé que celles non déplacées (Bleher & Böhning-Gaese, 2006).

#### **IV.4. Dissémination des graines par *E. rufifrons* dans les écosystèmes malgaches**

##### **IV.4.1. Dissémination des graines entre forêt dense sèche et forêt dense humide**

Pour la présente recherche, la distance de dissémination des graines est en moyenne de 32,5 m pour un maximum de 801,3 m. Le temps de passage des graines dans le tube digestif est en moyenne de 21 minutes [min = 0 ; max = 73 minutes]. Des expériences montrent que le temps de passage des graines dans le tractus digestif de *E. rufifrons* en captivité est compris entre 60 à 155 minutes (Razafindratsima *et al.*, 2014).

Les observations directes de cette espèce dans la forêt dense humide sempervirente de Ranomafana ont montré que la distance moyenne de dissémination des graines est de 95 m pour un maximum de 417 m et le temps de rétention des graines dans le tube digestif est en moyenne de 190 minutes [min = 72 ; max = 371 minutes] (Razafindratsima *et al.*, 2014).

Ce constat peut être dû à la variation climatique qui fait en sorte qu'à Ranomafana l'abondance et la disponibilité des fruits sont pérennes par rapport à Kirindy. Plus une ressource est limitée, plus la cohabitation entre les espèces animales se réduit et fait place à la concurrence interspécifique et/ou intraspécifique pour cette ressource. Le temps de se reposer et de retenir les nourritures dans le tube digestif diminue.

#### **IV.4.2. Dissémination des graines des autres groupes de lémuriens**

Les travaux de Razafindratsima et ses collaborateurs (2014) indiquent que *Eulemur rubriventer* de la forêt humide de Ranomafana dissémine les graines sur une distance moyenne de 119 m pour un maximum de 358 m. Le temps moyen de passage des graines dans son tube digestif est de 214 minutes [min = 96 ; max = 433 minutes]. Mais pour Tsaramanana (2012), *Eulemur cinereiceps* de la forêt littorale de Agnalazaha a une distance de dissémination des graines avoisinant autour de 404 m pour un maximum de 1700 m. Le temps moyen de passage des graines dans son tube digestif est de l'ordre de 175 minutes [min = 48 ; max = 401 minutes] (Razafindratsima *et al.*, 2014).

Pour le genre *Varecia* spp., selon Razafindratsima et ses collaborateurs (2014), la distance de dissémination des graines par *Varecia variegata editorum* est de 116 m en moyenne pour un maximum de 630 m. Le temps moyen de rétention des graines dans son tube digestif est de 194 minutes [min = 42 ; max = 468 minutes]. Selon les travaux de Martinez et Razafindratsima (2014) sur *Varecia rubra* de la forêt de Masoala, la distance de dissémination est en moyenne de 83 m pour un maximum de 568 m. Le temps de passage des graines dans son tractus digestif est en moyenne de 225 minutes [min = 63 ; max = 423 minutes] (Annexe 13 et Annexe 14).

#### **IV.5. Efficacité de la germination des graines**

En pépinière, le taux de germination des graines est des graines témoins est de 6,7% ; il est de 0,6% pour les graines déféquées et lavées ; ainsi que 11% pour les graines déféquées et non lavées. Les pourcentages sont faibles par rapport aux travaux de Joromampionona (2013) sur *V. variegata*. Pour ses résultats, les différents types de traitements effectués sur les graines ont tous des effets très significatifs ( $\alpha < 0,001$ ) sur le taux de germination des graines. Le taux de germination des graines fécales est toujours supérieur (71%) par rapport à celui des graines témoins (47%). Le taux de germination des graines lavées est toujours inférieur (69%) à celui des graines non lavées (71%). Cela démontre que le passage des graines dans le tube digestif de l'animal améliore le pouvoir germinatif. Cela veut dire que durant leur passage dans l'estomac, les graines ont reçu des traitements physiologiques et peuvent être accompagnées de substances stimulant la germination. Dans ce cas, le lavage des graines issues des matières fécales réduit le pouvoir germinatif.

Pour notre cas, la plus grande difficulté d'obtenir des taux de germination élevés des graines peut donc s'expliquer par l'absence de fruits mûrs sur de nombreuses espèces végétales

pendant la période d'étude. En outre, le sol sec accélère le processus de dormance des graines pour plusieurs mois.

#### **IV.6. Perspectives et recommandations**

Les études sur l'efficacité de la dissémination des graines nécessitent une période plus longue pour obtenir une meilleure compréhension de l'alimentation et de la dissémination des graines avec un échantillonnage plus grand. Les facteurs abiotiques comme le type de sol peuvent également influencer la germination. Mais une telle expérience demande une période de plus de trois mois vu que la dormance des graines en forêt sèche est très importante.

*M. murinus* convoite quelques mêmes espèces végétales que *E. rufifrons*. Des observations directes nocturnes ont montré qu'il consomme les fruits de *G. lavanalensis* et de *T. boivinii*. Des observations sous camera-traps ont aussi montré sa consommation des fruits de *C. kironondron*. Ses matières fécales contiennent des graines de *T. pinmatifida*. *Microcebus rufus* est un potentiel disséminateur des graines de petite taille dans la forêt dense humide de Ranomafana. *Microcebus murinus*, un peu plus grand que *M. rufus*, peut aussi contribuer à la dissémination des graines de la forêt de Kirindy. Des études approfondies peuvent déceler son rôle dans la dissémination des espèces envahissantes des écosystèmes du domaine de l'Ouest de Madagascar.

Des mesures de conservations impliquant les communautés locales doivent être prises en considération pour la pérennisation de la forêt :

- l'éducation environnementale axée sur les valeurs des écosystèmes forestiers, notamment de ses composantes faunistiques, peut aider à atténuer, voire même éliminer la chasse aux lémuriens ;
- l'amélioration des techniques culturales, utilisant particulièrement le semis direct sous-couverture végétale et le compostage, permettra de minimiser le défrichement et augmenter leur rendement agricole ;
- une patrouille régulière de la zone d'étude s'avère très importante pour renforcer un meilleur contrôle d'accès à la forêt et assurer la sécurité des chercheurs ;
- le reboisement par des plantules issues des graines fécales des lémuriens peut accélérer la régénération de la forêt et réduire l'effet de prédation des graines par les rongeurs ;
- les résultats de la recherche doivent participer à la promotion de l'écotourisme.

## CONCLUSION

*E. rufifrons* possède un régime alimentaire riche en fruits très diversifiées. Le déplacement de ses groupes marqués retrace un modèle de mouvement assez régulier recouvrant un domaine vital de plusieurs kilomètres carrés. La distance de Jenzen-CConnell et le temps de passage des graines dans le tube digestif de l'animal sont aussi assez important. Ces deux paramètres varient selon la taille des graines consommées. L'hypothèse sur le fait que la taille des graines influence ces deux paramètres est vérifiée.

L'ingestion fait progresser le pouvoir germinatif, mais le lessivage des graines fécales diminue le taux de germination des graines. Le taux de germination est très élevé chez les graines fécales non lavées par rapport autres catégories de graines.

De tous les disséminateurs potentiels de la forêt de Kirindy, le lémurien à front roux méridional consomme à lui seul, plus de la moitié des espèces à fruits, que ce soit les arbustes, les lianes, ou les arbres. D'autant plus, les rongeurs ne semblent pas attirés par ses graines fécales. En ce sens, cette espèce de lémurien cathémérale joue le rôle de disséminateur primaire et efficace des graines forestières pendant les saisons pluvieuses. L'hypothèse prédisant que ce primate contribue largement dans la dissémination des graines forestières est vérifiée.

Cette étude fournit des informations complémentaires sur le profil disséminateur des graines du primate étudié, fait en saison sèche, il y a plus de 10 ans sur le même site. Elle a permis de déceler son rôle écologique dans la dissémination et dans la régénération de certaines essences forestières comme *T. boivinii* dont leurs graines fécales sont disséminées secondairement par des fourmis.

D'autres études supplémentaires de dissémination des graines notamment sur les primates nocturnes comme *Microcebus* spp. peuvent aider à accorder plus d'importance dans la préservation globale des lémuriens des forêts sèches de Madagascar. Egalement d'autres taxa notamment *Potamocherus larvatus* peuvent faire traverser des graines intactes à travers leur tube digestif. Des études détaillées pourraient améliorer leur profil disséminateur des graines.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abraham, J.P. & Schroff, U. 1991.** Clef de détermination de 56 essences ligneuses des forêts denses sèches de la côte Ouest de Madagascar. CFPF, Morondava.
- Allnutt, T. F., Asner, G. P., Golden, C. D. & Powell, G. V. N. 2013.** Mapping recent deforestation and forest disturbance in northeastern Madagascar. *Tropical Conservation Science*, 6 (1): 1–15.
- Altman, J. 1974.** Observational study of behavior: sampling methods. *Behavior*, 69 (34): 227–267.
- Andrianaivoarivelo, R. A., Ramilijaona, O. R., Racey, P. A., Razafindrakoto, N. & Jenkins, R. K. B. 2011.** Feeding ecology, habitat use and reproduction of *Rousettus madagascariensis* (Grandidier, 1928) (Chiroptera: Pteropodidae) in Eastern Madagascar. *Mammalia*, 75 (1): 69–78.
- Andrianaivoarivelo, R. A., Petit, E. J., Razafindrakoto, N. & Racey, P. A. 2012.** Feeding preference and seed dispersion by *Roussetus madagascariensis* (Grandidier, 1928) in North-western Madagascar. *Revue d'Ecologie, la Terre et la Vie*, 67 : 179–191.
- Barthold, J., Fichtel, C. & Kappeler, P. M. 2009.** What is it going to be? Pattern and potential function of natal coat change in sexually dichromatic red fronted lemurs (*Eulemur fulvus rufus*). *American Journal of Primatology*, 138 (1) : 1-10.
- Bascompte, J. & Jordano, P. 2007.** Plant-animal mutualistic networks: the architecture of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 38: 567–593.
- Bennett, E. 1833.** Characters of a new species of lemur (*Eulemur rufifrons*). *Proceedings of the Zoological Society of London*, (1833) : 106.
- Binggeli, P., Grubb, P. & Trevelyan, R. 2011.** *Trees of Kirindy*. Tropical Biology Association, Cambridge.
- Birkinshaw, C. R. 1999.** The importance of the black lemur (*Eulemur macaco*) for seed dispersal in Lokobe forest, Nosy Be. In: *New Directions in Lemur Studies*, eds. B. Rakotosamimanana, H. Rasamimanana, J. U. Ganzhorn & S. M. Goodman, pp. 189–199. Springer US.
- Birkinshaw, C. R. 2001.** Fruit characteristics of species dispersed by the black lemur (*Eulemur macaco*) in the Lokobe Forest, Madagascar. *Biotropica*, 33 (3): 478–486.
- Bleher, B. & Böhning-Gaese, K. 2000.** Seed dispersal by birds in a South African and a Malagasy *Commiphora* species. *Ecotropica*, 6 (1): 43-53.

**Bleher, B. & Böhning-Gaese, K. 2001.** Consequences of frugivore diversity for seed dispersal, seedling establishment and the spatial pattern of seedlings and trees. *Oecologia*, 129 (3): 385–394.

**Bleher, B. & Böhning-Gaese, K. 2006.** The role of birds in seed dispersal and its consequences for forest ecosystems. *Acta Zoologica Sinica*, 52: 116-119.

**Böhning-Gaese, K., Böhning-Gaese, H. & Rabemanantsoa, S. 1999.** Importance of primary and secondary seed dispersal in the Malagasy tree *Commiphora guillaumini*. *Ecology*, 80: 821–832.

**Bollen, A. 2007.** Fruit characteristics: fruit selection, animal seed dispersal and conservation matters in the Sainte Luce forests. In: *Biodiversity, Ecology, and Conservation of Littoral Ecosystems in the Region of Tolagnaro (Fort Dauphin), Southeastern Madagascar*, eds. J. U. Ganzhorn, S. M. Goodman & M. Vinclette, pp. 127–145. Smithsonian Institution, Washington, DC.

**Bollen, A. & Van Elsacker, L. 2002.** Feeding ecology of *Pteropus rufus* (Pteropodidae) in the littoral forest of Sainte Luce, SE Madagascar. *Acta chiropterologica*, 4 (1): 33–47.

**Bollen, A., Van Elsacker, L. & Ganzhorn, J. U. 2004a.** Relations between fruits and disperser assemblages in a Malagasy littoral forest: a community-level approach. *Journal of Tropical Ecology*, 20: 599-612.

**Bollen A, Van Elsacker, L. & Ganzhorn J. U. 2004b.** Tree dispersal strategies in the littoral forest of Sainte Luce (SE-Madagascar). *Oecologia*, 139 :604–616.

**Bollen, A., Donati, G., Fietz, J., Schwab, D. & Ramanamanjato, J.-B. 2005.** An intersite comparison of fruit characteristics in Madagascar: evidence for selection pressure through abiotic constraints rather than through co-evolution. In *Tropical Fruits and Frugivores*, eds. J. L. Dew & J. P. Boubli, pp. 93–119. Springer.

**Bravo, S. P. 2008.** Seed dispersal and ingestion of insect-infested seeds by black howley monkeys in flooded forests of the Parana River, Argentina. *Biotropica*, 40: 471–476.

**Cavallero, L., Aizen, M. A. & Raffaele E. 2012.** Endozoochory decreases environmental filtering imposed to seedlings. *Journal of Vegetal Science*, 23: 677–689.

**Chapman, C. A. & Russo, S. E. 2006.** Primate seed dispersal: linking behavioral ecology with forest community structure. In *Primates in perspective*, eds. J.C. Campbell, A. F. Fuentes, K. C. MacKinnon, M. Panger & S. Bearder, pp. 510-525. Oxford University Press, Oxford.

**Charles-Dominique, P., Atramentowicz, M., Charles-Dominique, M., Gerard, H., Hladik, A., Hladik, C. M. & Prevost. M. F. 1981.** Nocturnal Malagasy Primates. Academic Press, New York.

**Connell, J. H. 1971.** On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees. In *Dynamics of populations*, eds. P. J. den Boer & G. R. Gradwell, pp. 298-312. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.

**Crowley, B. E., Godfrey, L. R. & Irwin, M. T. 2011.** A glance to the past: subfossils, stables isotopes, seed dispersal, and Lemur species loss in Southern Madagascar. *American Journal of Primatology*, 73: 25-37.

**Del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J. & Cabot, J. 1992.** *Handbook of the Birds of the World*. Lynx Edicions, Barcelona.

**Dew, J. L. & Wright, P. 1998.** Frugivory and seed dispersal by four species of primates in Madagascar's eastern rain forest. *Biotropica*, 30 (3): 425-437.

**Donati, G., Lunardini, A. & Kappeler, P. M. 1999.** Cathemeral activity of Red-fronted brown lemurs (*Eulemur fulvus rufus*) in the Kirindy forest/CFPF. In *New directions in Lemur studies*, eds. B. Rakotosamimanana, H. Rasamimanana, J. U. Ganzhorn & S. M. Goodman, pp. 119-137. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.

**Faramalala, M. H. 1995.** *Formations végétales et domaine forestier national de Madagascar. Scale : 1.000.000*. Conservation International, Washington D.C., Direction des Eaux et Forêts (DEF), Centre National de Recherches sur l'Environnement (CNRE) and Foiben-Taosarintanin'i Madagasikara (FTM), Antananarivo.

**Fleming, T. H. 1991.** Fruiting plant—frugivore mutualism: the evolutionary theater and the ecological play. In *Plant—Animal Interactions: Evolutionary Ecology in Tropical and Temperate Regions*, eds. P. W. Price, T. M. Lewinsohn, G. W. Fernandes, & W. W. Benson, pp. 199–244. J. Wiley & Sons, New York.

**Fleming, T. H., Breitwitsch, R. & Whitesides, G. H. 1987.** Patterns of tropical frugivore diversity. *Annual review of ecology and systematics*, 18: 91–109.

**Ganas, J., Robbins, M. M., Nkurunungi, J. B., Kaplin, B. A. & McNeilage, A. 2004.** Dietary variability of mountain gorillas in Bwindi Impenetrable National Park, Uganda. *International Journal of Primatology*, 25: 1043–1072.

**Ganzhorn, J. U. & Kappeler, P. M. 1996.** Lemurs of the Kirindy Forest. In *Ecology and economy of a tropical dry forest in Madagascar*, eds. J. U. Ganzhorn & J.-P. Sorg. *Primate Report*, 46 (1): 257-274.

**Ganzhorn, J. U. & Sorg, J.-P. 1996.** *Ecology and economy of a tropical dry forest in Madagascar*. Primate Report 46 (1), Gottingen.

**Ganzhorn, J. U., Fietz, J., Rakotovao, E., Schwab, D. & Zinner, D. 1999.** Lemurs and the regeneration of dry deciduous forest in Madagascar. *Conservation Biology*, 13: 794-804.

**Ganzhorn, J. U., Lowry II, P. P., Schatz, G. E. & Sommer, S. 2001.** The biodiversity of Madagascar: one of the world's hottest hotspots on its way out. *Oryx*, 35 (4): 346–348.

**Ganzhorn, J. U., Arringo-Nelson, S., Boinski, S., Bollen, A., Carrai, V., Derby, A., Donati, G., Koenig, A., Kowalewski, M., Lahann, P., Norscia, I., Polowinsky, S., Schwitzer, C., Stevenson, P. R., Talebi, M. G., Tan, C. & Wright, P. C. 2009.** Possible fruit protein effects of primate communities in Madagascar and the Neotropics. *PLoS ONE*, 4: 8253.

**Ganzhorn, J. U., Rakotondranary, S. J. & Ratovonamana Y. R. 2011.** Habitat description and phenology. In *Field and Laboratory Methods in Primatology: a practical guide, Second Edition*, eds. J. M. Setchell & D. J. Curtis, pp. 51-68. Cambridge University Press, Cambridge.

**Glander, K. E., Wright, P. C., Daniels, P. S. & Merenlander, A. M. 1992.** Morphometrics and testicale size of rain forest lemur species from southeastern Madagascar. *Journal of Human Evolution*, 22 (1): 1-17.

**Garbutt, N. 2007.** *Mammals of Madagascar: a complete guide*. Yale university press, New Haven and London.

**Goodman, S. M. & Ganzhorn, J. U. 1997.** Rarity of figs (*Ficus*) on Madagascar and its relationship to a depauperate frugivore community. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 52 : 321-329.

**Goodman, S. M., O'Conner, S. & Langrand, O. 1993.** A review of predation on Lemurs: Implication for the evolution of social behavior in small, nocturnal primates. In *Lemur Social Systems and their Ecological Basis*, eds. P. M. Kappeler & J. U. Ganzhorn, pp. 51-66. New York.

**Goodman, S. M., Raherilalao, M. J. & Wohlauser, S. 2018.** *Les aires protégées terrestres de Madagascar : leur histoire, description et biote, Tome III : l'Ouest et le sud de Madagascar-synthèse*. Association Vahatra, Antananarivo.

**Harper, G. J., Steininger, M. K., Tucker, C. J., Juhn, D. & Hawkins, F. 2007.** Fifty years of deforestation and forest fragmentation in Madagascar. *Environmental Conservation* 34 (4): 325–333.

**Hawkins, A.F.A. & Wilmé, L. 1996.** Effects of logging on forest birds. In Ecology and economy of a tropical dry forest in Madagascar, eds. J. U. Ganzhorn & J.-P. Sorg. *Primate Report*, 46 (1): 203-214.

**Hawkins, F. Safford, R. & Skerrett A. 2015.** *Birds of Madagascar and the Indian Ocean islands*. Christopher Helm, London.

**Howe, H. F. 1989.** Scatter and clump-dispersal and seedling demography: Hypothesis and implications. *Oecologia*, 79: 417–426.

**Howe, H. F. & Smallwood, J. 1982.** Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13: 201–228.

**Janzen, D. H. 1970.** Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *American Naturalist*, 104: 501-528.

**Jordano, P., Garcia, C., Godoy, J. A. & Garcia-Castano, J. L. 2007.** Differential contribution of frugivores to complex seed dispersal patterns. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104: 3278-3282.

**Joromampionona, A. N. 2013.** Ecologie et multiplication de quelques espèces de plantes consommées par *Varecia variegata* et *Eulemur rufifrons* (Lemuridae) en vue de reforestation à Kianjavato. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies (D.E.A) en Biologie et Ecologie végétales, Université d'Antananarivo.

**Kaplin, B. A., Munyaligoga, V. & Moermond, T. C. 1998.** The influence of temporal changes in fruit availability on diet composition and seed handling in blue monkey (*Cercopithecus mitis doggetti*). *Biotropica*, 30: 56-71.

**Kappeler, P. M. & Fichtel, C. 2012.** A 15-year perspective on the social organization and life history of Sifaka in Kirindy forest. In *Long Term Field Studies of Primates*, eds. P. M. Kappeler & D. P. Watts, pp. 101-117. Springer-Verlag, Berlin and Heidelberg.

**Kissling, W. D., Sekercioglu, C. H. & Jetz, W. 2012.** Bird dietary guild richness across latitudes, environments and biogeographic regions. *Global Ecology and Biogeography*, 21 (3): 328–340.

**Korine, C., Kalko, E. K. & Herre, E. A. 2000.** Fruits characteristics and factors affecting fruit removal in Panamanian community of strangler figs. *Oecologia*, 123: 560-568.

**Langrand, O. & Wilmé, L. 1997.** Effects of forest fragmentation on extinction patterns of the endemic avifauna on the central high plateau of Madagascar. In *Natural change and human impact in Madagascar*, eds. S. M. Goodman, & B. D. Patterson, pp. 280- 305. Smithsonian Institution Press, Washington DC.

**Martinez, B. T. & Razafindratsima, O. H. 2014.** Frugivory and seed dispersal of the red ruffed lemur (*Varecia rubra*) at a forest restoration site in Masoala National Park, Madagascar. *Folia Primatologica*, 85 (4): 228-243.

**MBG, 2013.** *Rapport sur la caractérisation de la flore et de la végétation de la forêt de Kirindy, un habitat naturel de Propithecus verreauxi*. Centre allemand de Recherche Primatologique (DPZ), Centre National de Formation, d'Etude et de Recherche en Environnement et Foresterie (CNFEREF) & Missouri Botanical Garden (MBG). Morondava.

**McKey, D. S. 1975.** The ecology of coevolved seed dispersal systems. In *Coevolution of animals and plants*, eds. E. Gilbert & A.P. Raven, pp. 159-191. University of Texas Press, Austin.

**MEFT, USAID, & CI. 2009.** *Evolution de la couverture des forêts naturelles à Madagascar : 1990-2000-2005*. Ministère de l'Environnement, des Forêts et du Tourisme (MEFT), United States Agency for International Development (USAID) & Conservation International (CI), Antananarivo, Washington, D.C., Arlington, V.A.

**Mittermeier, R. A., Louis Jr., E. E., Langrand, O., Schwitzer, C., Gauthier C.-A., Rylands, A. B., Rajaobelina, S., Ratsimbazafy, J., Rasoloarison, R., Hawkins, F., Roos, C., Richardson, M. & Kappeler, P. M. 2014.** *Lémuriens de Madagascar*. Conservation International, Arlington, V.A.

**Moses, K. L. & Semple S. 2011.** Primary seed dispersal by the black and white ruffed lemur (*Varecia variegata*) in the Manombo forest, south-east Madagascar. *Journal of Tropical Ecology*, 27 (5): 529–538.

**Nelson, R. & Horning, N. 1993.** AVHRR-LAC, Estimates of forest area in Madagascar, 1990. *International Journal for remote sensing*, 14: 1463-1475.

**Nevo, O., Razafimandimby, D., Jeffrey, J. A. J., Schulz, S. & Ayasse, M. 2018.** Fruit scent as an evolved signal to primate seed dispersal. *Science Advances*: 4.

**Overdorff, D. J. 1998.** "Are *Eulemur* species pair-bonded?" Social organization and mating strategies in *Eulemur rufus* from 1988-1995 in Southeastern Madagascar. *American Journal of Physical Anthropology*, 105 (2): 153-166.

**Overdorff, D. J. & Strait, S. G. 1998.** Seed handling by three prosimian primates in southeastern Madagascar: implications for seed dispersal. *American Journal of Primatology*, 45: 69-82.

**Pedrono, M., Griffiths, O. L., Clausen, A., Smith, L. L. & Griffiths, C. J. 2013.** Using a surviving lineage of Madagascar's vanished megafauna for ecological restoration. *Biological Conservation*, 159: 501–506.

**Picot, M., Jenkins, R. K. B., Ramilijaona, O., Racey, P. A. & Carrière, S. M. 2007.** The feeding ecology of *Eidolon dupreanum* (Pteropodidae) in eastern Madagascar. *African Journal of Ecology*, 45 (4): 645–650.

**Rakotonirina, 1996.** Composition and structure of a dry forest on sandy soils near Morondava. In Ecology and economy of a tropical dry forest in Madagascar, eds. J. U. Ganzhorn & J.-P. Sorg. *Primate Report*, 46 (1): 81-88.

**Ralisoamalala, R. C. 1996.** Rôle de *Eulemur fulvus rufus* (Audeberg, 1799) et de *Propithecus verreauxi verreauxi* (A. Grandier, 1867) dans la dissémination des graines. In Ecology and economy of a tropical dry forest in Madagascar, eds. J. U. Ganzhorn & J.-P. Sorg. *Primate Report*, 46 (1): 285-294.

**Ramalanjaona, M. H. N. 2013.** Etude de la régénération et de la senescence de *Tamarindus indica* et ses impacts et implications écologiques dans la réserve de Bezà Mahafaly. Mémoire de Diplôme d'Etude Approfondie en Foresterie, Développement et Environnement, Université d'Antananarivo.

**Ranal, M. A. & De Santana, D. 2006.** How and when to measure the germination process? *Brasilian Journal of Botany*, 29 (1): 1-11.

**Ratrimomanarivo, F. H. 2007.** Diet of *Eidolon dupreanum* (Chiroptera: Pteropodidae) in the anthropized highlands of central Madagascar. *Revue d'Ecologie, la Terre et la Vie*, 62 (2–3): 229–244.

**Razafindrakoto, M. 2007.** Rareté d'eau et sa signification écologique pour les lémurs à front rouge *Eulemur rufus* (Audebert, 1799) dans la forêt de Kirindy (CFPF) dans la région de Morondava à l'ouest de Madagascar. Mémoire de Diplôme d'Etude Approfondie en Biologie, Ecologie et Conservation Animale, Université d'Antananarivo.

**Razafindratsima, O. H. 2017.** Post-dispersal seed removal by rodents in Ranomafana rain forest, Madagascar. *Journal of Tropical Ecology*, 33: 232-236.

**Razafindratsima, O. H. & Martinez, B. T. 2012.** Seed dispersal by red-ruffed lemurs: seed size, viability, and beneficial effect on seedling growth. *Ecotropica*, 18: 15-26.

**Razafindratsima, O. H. & Razafimahatratra, E. 2010.** Effect of red ruffed lemur gut passage on the germination of native rainforest plant species. *Lemur News*, 15: 39–42.

**Razafindratsima, O. H., Jones, T. A. & Dunham, A. E. 2014.** Patterns of movement and seed dispersal by three lemur species. *American Journal of Primatology*, 76: 84–96.

**Sato, H. 2012.** Frugivory and seed dispersal by brown lemurs in a Malagasy tropical dry forest. *Biotropica*, 44 (4): 479–488.

**Scales, I. R. 2011.** Farming at the Forest Frontier: Land Use and Landscape Change in Western Madagascar, 1896–2005. *Environment and History*, 17: 499–524.

**Schaefer, H. M., Schaefer, V. & Levey, D. J. 2004.** How plant-animal interactions signal new insights in communication. *Trends in Ecology & Evolution*, 19 (11): 577–584.

**Scharfe, F. & Schlund, W. 1996.** Seed removal by lemurs in a dry deciduous forest of western Madagascar. In *Ecology and economy of a tropical dry forest in Madagascar*, eds. J. U. Ganzhorn & J.-P. Sorg. *Primate Report*, 46 (1): 295-304.

**Schatz G. E. 2001.** *Generic tree flora of Madagascar*. The Cromwell Press Royal Botanical Gardens, Kew and Missouri Botanical Garden Press, St Louis.

**Schwitzer, C., Baker-Mérad, M., Dolch, R., Golden, C., Irwin, M. T., Johnson, S., Patel, E., Raharivololona, B., Ratsimbazafy, J., Razafindramanana, J. & Volampeno, S. 2013.** Factors contributing to Lemur population decline on a national scale, and proposed immediate and longer-term mitigation actions. In *Lemurs of Madagascar - A strategy for their conservation 2013-2016*, eds. C. Schwitzer, R. A. Mittermeier, N. Davies, S. Johnson, J. Ratsimbazafy, J. Razafindramanana, Louis Jr, E. E. & S. Rajaobelina, pp. 34-51. IUCN Primate Specialist Group, Bristol Conservation and Science Foundation, and Conservation International, Bristol.

**Spehn S. E. & Ganzhorn J. U. 2000.** Influence of seed dispersal by brown lemurs on removal rates of three *Grewia* species (Tiliaceae) in the dry deciduous forest of Madagascar. *Ecotropica*, 6 (1):13–21.

**Stevenson P. R. 2000.** Seed dispersal by woolly monkeys (*Lagothrix lagothricha*) at Tinigua National Park, Colombia: dispersal distance, germination rates, and dispersal quantity. *American Journal of Primatology*, 50: 275–289.

**Sussman, R. W. 1977.** Distribution of Malagasy lemurs, Part 2: lemur catta and lemur fulvus in southern and western Madagascar. *Annal of the New York Academy of sciences*, 293: 170-183.

**Tattersall, I. 1982.** *The Primates of Madagascar*. Columbia University Press, New York

**Traveset, A., Robertson, A. W. & Rodríguez-Pérez, J. 2007.** A review on the role of endozoochory on seed germination. In: *Seed Dispersal: Theory and its Application in a*

*Changing World*, eds. A. J. Dennis, E. W. Schupp, R. A. Green, & D. A. Westcott, pp. 78–103. CABI Publishing, Wallingford.

**Tsaramanana, R. D. 2012.** Dissémination des grains par *Eulemur cinereiceps* (A. Grandidier et Milne-Edwards, 1890) et régénération naturelle de la forêt littorale d’Agnalazaha, Sud-est de Madagascar. Mémoire de Diplôme d’Etude Approfondie en Foresterie, Développement et Environnement, Université d’Antananarivo.

**Valenta, K., Burke, R. J., Styler, S. A., Jackson, D. A., Melin, A. D. & Lehman, S. M. 2013.** Colour and odour drive fruit selection and seed dispersal by mouse lemurs. *Scientific Reports*, 3: 2424.

**Wang, B. C. & Smith, T. B. 2002.** Closing the seed dispersal loop. *Trends in Ecology & Evolution*, 17 (8): 379–386.

**Watson, J. E. M., Joseph, L. N. & Fuller, R. A. 2010.** Mining and conservation: Implications for Madagascar’s littoral forests. *Conservation Letters*, 3: 286–287.

**Williams-Guillen, K. & McCann, C. 2001.** In Mombacho Volcano, Nicaragua: A GIS-based approach. *American Journal Primatology*, 54 (1): 70-71.

**Wilson, M. F., Irvine, A. K. & Walsh, N. G. 1989.** Vertebrate dispersal syndromes in some Australian and New Zealand plant communities, with geographic comparisons. *Biotropica*, 21: 133–147.

**Wright, P. C., Tecot, S. R., Erhart, E. M., Baden, A. L., King, S. J. & Grassi, C. 2011.** Frugivory in four sympatric lemurs: implications for the future of Madagascar’s forests. *American Journal of Primatology*, 73: 585–602.

**Wunderle Jr., M. 1997.** The role of animal seed dispersal in acceleration native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management*, 99: 223-235.

## WEBOGRAPHIE

**IUCN, 2014.** The IUCN Red List of Threatened Species: *Eulemur rufifrons*.  
<https://www.iucnredlist.org>. Consulté le 21 février 2020.

**Missouri Botanical Garden, 2020.** Catalogue of the Plants of Madagascar.  
<http://www.tropicos.org/Project/Madagascar>. Consulté le 10 février 2020.

**Annexe 1.** Liste exhaustive des groupes marqués de *Eulemur rufifrons* au niveau de la forêt de Kirindy.

Groupe	Nom	Sexe	Collier	Pendentif	Numéro
A	Isabella	F	GPS 660	blanc bleu	
A	Lefkada	F	radio maty	blanc	
A	Kéa	F	rouge	carré rouge	1
A	Luzon	M	noir	carré noir	98
A	Thassos	M	jaune	triangle vert	58
A	Paros	M	violet	cercle bleu	5
A	Tilos	M	orange	triangle rouge	51
B	Bora	F	GPS 591	rouge	
B	Aloha	F	radio maty	jaune	
B	Latalata	F	noir	carré vert	83
B	Oman	M	rouge	carré rouge	58
B	Jaco	M	orange	triangle noir	58
B	Bangladesh	M	rouge	cercle vert	98
F	Lucia	F	radio maty	vert jaune	
F	Mayaguana	F	orange	cercle vert	9
F	Tortuga	F	GPS 090	bleu blanc	
F	Bonacca	F	noir	triangle noir	64
F	Caicos	M	bleu	cercle blanc	9
F	Pinos	M	Pinos		
J	Colonta	F	GPS 150	blanc rouge	
J	Cambodia	F	radio maty	blanc	
J	Syria	F	violet	cercle rouge	4
J	Armenia	F	rouge	triangle bleu	67
J	Pakistan	M	violet	carré bleu	72
J	Kuweit	M	violet	couronne roi	
J	Mongolei	M	bleu	cercle bleu	7
J	Kasachstan	M	marron	carré rouge	89
J	Bahrain	M	blanc	fleur bleu	
J	Afganistan	M	vert	carré vert	6
J	Tadji	M	violet	triangle or	15

**Annexe 2.** Liste des espèces végétales dont leurs graines ont été retrouvées dans les matières fécales de *E. rufifrons*.

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Famille	Références
Amaninomby	<i>Terminalia boivinii</i>	Combretaceae	(Ganzhorn & Kappeler, 1996) (MBG*, 2013)
Anakaraky	<i>Dupuya madagascariensis</i>	Hernandiaceae	(Ganzhorn & Kappeler, 1996) (MBG, 2013)
Arofy boy	<i>Commiphora brevicalyx</i>	Burseraceae	(MBG, 2013)
Arofy grande feuille	<i>Commiphora cf. aprevalii</i>	Burseraceae	(Ganzhorn & Kappeler, 1996) (MBG, 2013)
Hazoboenga	<i>Hilsenbergia capuronii</i>	Boraginaceae	(MBG, 2013)
Hazokondoky	<i>Memecylon</i> sp.	Melastomataceae	(MBG, 2013)
Karimbolahazo	<i>Vitex beraviensis</i>	Verbenaceae	(Ganzhorn & Kappeler, 1996) (MBG, 2013)
Latabarika	<i>Grewia cylea</i>	Malvaceae	(Ganzhorn & Kappeler, 1996) (MBG, 2013)
Laza	<i>Cyphostemma laza</i>	Vitaceae	DWCT (Info personnelle) (TBA, 2011)
Mahabibonala	<i>Gardenia squamifera</i>	Rubiaceae	(Ganzhorn & Kappeler, 1996) (MBG, 2013)
Manamora	<i>Malleastrum gracile</i>	Meliaceae	(MBG, 2013)
Maronono	<i>Euonymus elaeodendroides</i>	Celastraceae	(MBG, 2013)
Menavony	<i>Carphalea kirondron</i>	Rubiaceae	(Ganzhorn & Kappeler, 1996) (MBG, 2013)
Piropitsokala	<i>Hyperacanthus</i> sp2	Rubiaceae	(MBG, 2013)
Sakoambanditsy	<i>Poupartia silvatica</i>	Anacardiaceae	(Ganzhorn & Kappeler, 1996) (MBG, 2013)
Selibe	<i>Grewia lavanalensis</i>	Malvaceae	(Ganzhorn & Kappeler, 1996) (MBG, 2013)
Tavolo	<i>Tacca pinmatifida</i>	Taccaceae	(MBG, 2013)
Tratramborodoreo	<i>Colubrina decipiens</i>	Rhamnaceae	(Ganzhorn & Kappeler, 1996) (MBG, 2013)
Tsiandala	<i>Berchemia discolor</i>	Rhamnaceae	(Ganzhorn & Kappeler, 1996) (MBG, 2013)
Vahimirazo	<i>Tinospora uviforme</i>	Moraceae	(MBG, 2013)
Valotsy	<i>Breonia perrieri</i>	Rubiaceae	(Ganzhorn & Kappeler, 1996) (MBG, 2013)

\*MBG: Missouri Botanical Garden

**Annexe 3.** Inventaire des graines issues des matières fécales collectées.

Espèces	Effectif des graines des matières fécales			Effectif des graines mises à germer		
	Graines sans résidus	Graines avec résidus	Total des graines	Nombre des semis	Nombre de graines par lot	Nombre de répétition
<i>Berchemia discolor</i>	151	282	433	432	24	3
<i>Breonia perrieri</i> *						
<i>Carphelea kirondron</i>	39	198	237	234	39	1
<i>Colubrina decipiens</i>	0	45	45	42	7	1
<i>Commiphora brevicalyx</i>	0	3	3			
<i>Commiphora cf. aprevallii</i>	2	0	2			
<i>Cyphostemma laza</i>	4	17	21	18	3	1
<i>Dupuya madagascariensis</i>	12	0	12	12		1
<i>Euonymus elaeodendroides</i>	0	4	4			
<i>Gardenia squamifera</i>	1	1	2			
<i>Grewia cuclea</i> *	0	12	12			
<i>Grewia lavanalensis</i>	10	100	110	84	14	1
<i>Hilsenbergia capuronii</i>	1	4	5			
<i>Hyperacanthus</i> sp2	0	2	2			
<i>Malleastrum gracile</i>	0	1	1			
<i>Memecylon</i> sp	0	5	5			
<i>Poupartia silvatica</i>	28	152	180	180	10	3
<i>Tacca pinmatifida</i>	67	185	252	252	42	1
<i>Terminalia boivinii</i>	0	325	325	324	54	1
<i>Tinospora uviforme</i>	124	1	125	120	10	2
<i>Vitex beraviensis</i>	24	0	24	24	4	1
Total	<b>357</b>	<b>1443</b>	<b>1800</b>	<b>1722</b>		

\* *Breonia perrieri* : graines extrêmement petites et indénombrables ; *Grewia cuclea* : fruits avalés entièrement et totalement difficile à extraire les graines.

**Annexe 4.** Mensuration des graines des espèces végétales inventoriées.

Espèces	Nb. obs. (n)	Longueur (mm)			Largeur (mm)			Taille volumiq.	Catégorie de taille
		Moy±ET	Min	Max	Moy±ET	Min	Max		
<i>Berchemia discolor</i>	5	13,5±0,5	12,9	14,2	9,2±0,7	8	10	896,9	grande taille
<i>Colubrina decipiens</i>	5	10,1±0,7	9,4	11	6,4±0,6	5,6	7	324,8	grande taille
<i>Commiphora brevicalyx</i>	3	10,2±0,7	9,7	11	7,5±0,6	7	8,1	450,4	grande taille
<i>Commiphora cf. aprevalii</i>	2	12,6±0	12,6	12,6	7,6±0,1	7,5	7,7	571,3	grande taille
<i>Cyphostemma laza</i>	5	26,7±1,3	25	27,8	16,7±1,4	14	17,5	5845,4	grande taille
<i>Dupuya madagascariensis</i>	5	23,7±1,1	22,5	24,9	11±0,8	10	12	2251,1	grande taille
<i>Malleastrum gracile</i>	1	16,8±0	16,8	16,8	7,7±0	7,7	7,7	781,9	grande taille
<i>Poupartia silvatica</i>	5	22,7±0,3	21	22,6	16±0,9	14,7	17	4561,8	grande taille
<i>Tinospora uviforme</i>	5	14,7±0,7	13,7	15,4	10,7±0,6	10	11,5	1321,2	grande taille
<i>Breonia perrieri</i>	1	0,8±0	0,8	0,8	0,4±0	0,4	0,4	0,1	petite taille
<i>Carphelea kirondrone</i>	5	5,3±0,4	4,9	5,9	4,3±0,3	4	4,7	78,4	petite taille
<i>Euonymus elaeodendroides</i>	4	12,6±0,4	12,3	13,2	2,5±0,2	2,2	2,6	61,8	petite taille
<i>Gardenia squamifera</i>	2	12,9±0,5	12,5	13,2	2,5±0,1	2,4	2,5	63,3	petite taille
<i>Grewia cyclea</i>	5	2±1,2	1	4,1	6,4±1,8	4,4	5,8	67,5	petite taille
<i>Grewia lavanalensis</i>	5	7±0,4	6,5	7,5	3,5±0,1	3,4	3,7	67,3	petite taille
<i>Hilsenbergia capuronii</i>	5	4,9±0,9	3,8	6,4	3,9±0,8	3	5	58,5	petite taille
<i>Hyperacanthus sp2</i>	2	6,6±0,3	6,4	6,8	5,2±0,3	5	5,4	140,1	petite taille
<i>Memecylon</i> sp.	5	5,9±0,2	5,6	6,2	3,4±0,3	3	3,7	53,5	petite taille
<i>Tacca pinmatifida</i>	5	6,4±0,5	5,8	6,9	4,2±0,2	4	4,5	88,62	petite taille
<i>Terminalia boivinii</i>	5	8,6±0,4	8	9,1	4,2±0,2	4	4,5	119,1	petite taille
<i>Vitex beraviensis</i>	5	5±0,6	4,4	5,9	2,7±0,3	2,3	3,2	28,6	petite taille

Nb. obs. : nombre d'observation ; Moy±ET : moyenne ± écart-type ; Min : minimum ; Max : maximum ; Taille volumiq. : taille volumique ( $\text{mm}^3$ ) ; Catégorie de taille : petite taille volumique [0,1 ;150] et grande taille volumique ]150 ; 6000].

**Annexe 5.** Distance de dissémination des graines des 21 espèces végétales inventoriées.

Espèces	Nombre d'observat. (n)	Distance moyenne ± écart-type (m)	Min (m)	Max (m)
Toutes les espèces confondues	315	32,5±73,9	0	801,3
<i>Berchemia discolor</i>	10	22,7±21,5	0	53,8
<i>Breonia perrieri</i>	4	136±85,8	44,7	236,2
<i>Carpheala kirondron</i>	5	40,1±63,7	0	146
<i>Colubrina decipiens</i>	18	25,9±44,3	0	160
<i>Commiphora brevicalyx</i>	14	29,6±30,6	0	106,8
<i>Commiphora cf. aprevalii</i>	14	15,5±16,2	0	44,1
<i>Cyphostemma laza</i>	9	2,5±3,4	0	10
<i>Dupuya madagascariensis</i>	15	10,8±8,4	0	30
<i>Euonymus elaeodendroides</i>	7	37,8±25,1	0	67,8
<i>Gardenia squamifera</i>	4	43,7±87,6	0	174,7
<i>Grewia cyclea</i>	14	32,5±33,5	0	113,2
<i>Grewia lavanalensis</i>	5	40,8±39,2	0,1	92,6
<i>Hilsenbergia capuronii</i>	27	59,9±158,9	0	801,3
<i>Hyperacanthus</i> sp2	21	24,1±50,7	0	213,7
<i>Malleastrum gracile</i>	3	23,7±41	0	71,1
<i>Memecylon</i> sp.	9	61,4±44,3	0	135
<i>Poupartia silvatica</i>	18	5,9±5	0	15
<i>Tacca pinmatifida</i>	24	35,5±72,3	0	300
<i>Terminalia boivinii</i>	27	32,4±70,3	0	300
<i>Tinospora uviforme</i>	52	19,7±61,3	0	402,8
<i>Vitex beraviensis</i>	15	77,9±136,3	0	501

Nombre d'observat. : nombre d'observation ; Min : minimum ; Max : maximum.

**Annexe 6.** Temps de passage des graines des 21 espèces végétales inventoriées dans le tube digestif de *E. rufifrons*.

Spécies	Nombre d'observat. (n)	Temps moyenne ± écart-type (minutes)	Min (minutes)	Max (minutes)
Toutes les espèces confondues	147	21±19,9	0	73
<i>Berchemia discolor</i>	9	9±6	1	20
<i>Breonia perrieri</i>	3	46±20,5	25	66
<i>Carpheala kirondron</i>	5	27±15	12	43
<i>Colubrina decipiens</i>	6	16±11,9	5	32
<i>Commiphora brevicalyx</i>	12	17±9,7	2	34
<i>Commiphora cf. aprevalii</i>	15	15±11	4	40
<i>Cyphostemma laza</i>	3	1±1	0	2
<i>Dupuya madagascariensis</i>	4	3±1,4	1	4
<i>Euonymus elaeodendroides</i>	4	31±20,5	10	50
<i>Gardenia squamifera</i>	3	29±26,9	13	60
<i>Grewia cylea</i>	4	29±10,4	15	40
<i>Grewia lavanalensis</i>	12	25±25,9	1	73
<i>Hilsenbergia capuronii</i>	6	35±17,5	6	58
<i>Hyperacanthus sp2</i>	5	20±15	9	46
<i>Malleastrum gracile</i>	5	17±9,1	5	26
<i>Memecylon sp.</i>	9	58±15	32	72
<i>Poupartia silvatica</i>	4	2±0,8	1	3
<i>Tacca pinmatifida</i>	4	27±20,5	7	54
<i>Terminalia boivinii</i>	16	13±10,9	1	32
<i>Tinospora uviforme</i>	11	3±3,7	1	13
<i>Vitex beraviensis</i>	7	40±26,8	1	71

Nombre d'observat. : nombre d'observation ; Min : minimum ; Max : maximum.

**Annexe 7.** Caractéristiques des fruits consommés par *E. rufifrons* en période pluvieuse.

Taxa	Type fruit	Prés. pulpe	Déhis.	Couleur du fruit	Graine/fruit	Protec. graine	Type de plantes
<b>ANACARDIACEAE</b>							
<i>Poupartia silvatica</i>	drupe	+	I	vert	1	C	arbre
<b>BURSERACEAE</b>							
<i>Commiphora brevicalyx</i>	drupe	+	I	vert	1	C	arbre
<i>Commiphora cf. aprevalii</i>	drupe	+	I	rouge	1	O	arbre
<b>BORAGINACEAE</b>							
<i>Hilsenbergia capuronii</i>	drupe	+	I	noir	1	O	arbre
<b>CELASTRACEAE</b>							
<i>Euonymus elaeodendroïdes</i>	drupe	+	I	vert	2	C	arbre
<b>COMBRETACEAE</b>							
<i>Terminalia boivinii</i>	drupe	+	I	vert	1	C	arbre
<b>HERNANDIACEAE</b>							
<i>Dupuya madagascariensis</i>	baie	+	I	brun	1	C	arbre
<b>MALVACEAE</b>							
<i>Grewia cyclea</i>	drupe	+	I	brun	1	C	arbre
<i>Grewia lavanalaensis</i>	drupe	+	I	vert	4	C	arbre
<b>MELASTOMATACEAE</b>							
<i>Memecylon</i> sp.	baie	+	I	vert	1-2	C	arbuste
<b>MELIACEAE</b>							
<i>Malleastrum gracile</i>	baie	+	I	jaune	1	O	arbre
<b>MORACEAE</b>							
<i>Tinospora uviforme</i>	drupe	+	I	vert	1	C	liane
<b>RHAMNACEAE</b>							
<i>Berchemia discolor</i>	drupe	+	I	vert	1	C	arbre
<i>Colubrina decipiens</i>	baie	+	I	vert	1	C	arbre
<b>RUBIACEAE</b>							
<i>Breonia perrieri</i>	baie	+	I	vert	nbrx	C	arbre
<i>Carphelea kirondron</i>	drupe	+	I	noir	1	O	arbuste
<i>Gardenia squamifera</i>	baie	+	I	noir	44	C	arbre
<i>Hyperacanthus</i> sp2	drupe	+	I	vert	1	C	arbre
<b>TACCACEAE</b>							
<i>Tacca pinmatifida</i>	baie	+	I	vert	50	C	arbuste
<b>VERBENACEAE</b>							
<i>Vitex beravensis</i>	drupe	+	I	vert	1	C	arbuste
<b>VITACEAE</b>							
<i>Cyphostemma laza</i>	baie	+	I	noir	22	C	liane

+ : présence de pulpe ; I : indéhiscent ; O : ouvert avec l'ongle ; C : ouvert avec un couteau ; nbrx : nombreux ; Protec. graine : protection de la graine ; graine/fruit : nombre de graines par fruit ; Prés. pulp. : présence de pulpe ; déhis. : déhiscence.

**Annexe 8.** Temps (en jours) et Taux (en pourcentage) de germination et de survie des plantules en pépinière et dans les boites de pétri des 11 espèces végétales retenues pour le semi pendant les 90 jours de terrain.

Espèces	Type de graines	Pépinière			Boite de pétri		
	Traitement	Taux G	Taux S	Temps G	Taux G	Taux S	Temps G
<i>Cyphostemma laza</i>	GT	66,7	100	18	33,3	100	18
	GDL	-	-	-	33,3	100	18
	GDNL	100	100	18	100	66,7	16
<i>Poupartia silvatica</i>	GT	3,3	100	60	-	-	-
	GDL	3,3	100	21	-	-	-
	GDNL	6,7	100	25	-	-	-
<i>Berchemia discolor</i>	GT	4,2	100	40	-	-	-
	GDL	2,8	60	40	-	-	-
	GDNL	13,9	60	31	6,9	-	23
<i>Dupuya madagascariensis</i>	GT	-	-	-	-	-	-
	GDL	-	-	-	-	-	-
	GDNL	-	-	-	-	-	-
<i>Vitex beraviensis</i>	GT	-	-	-	-	-	-
	GDL	-	-	-	-	-	-
	GDNL	-	-	-	-	-	-
<i>Colubrina decipiens</i>	GT	-	-	-	-	-	-
	GDL	-	-	-	-	-	-
	GDNL	-	-	-	-	-	-
<i>Grewia lavanalensis</i>	GT	-	-	-	-	-	-
	GDL	-	-	-	-	-	-
	GDNL	-	-	-	-	-	-
<i>Tacca pinmatifida</i>	GT	-	-	-	-	-	-
	GDL	-	-	-	-	-	-
	GDNL	-	-	-	-	-	-
<i>Terminalia boivinii</i>	GT	-	-	-	-	-	-
	GDL	-	-	-	-	-	-
	GDNL	-	-	-	-	-	-
<i>Carphalea kirondron</i>	GT	-	-	-	-	-	-
	GDL	-	-	-	-	-	-
	GDNL	-	-	-	-	-	-
<i>Tinospora uviforme</i>	GT	-	-	-	-	-	-
	GDL	-	-	-	-	-	-
	GDNL	-	-	-	-	-	-

GT : graines témoins ; GDL : graines déféquées et lavées ; GDNL : graines déféquées et non lavées ; Taux G : taux de germination ; Taux S : taux de survie des plantules ; Temps G : temps de germination ; - : pas de germination de graine.

**Annexe 9.** Bilan des observations directes et indirectes des sept espèces végétales en vue d'inventorier les espèces animales qui s'intéressent à la consommation de leurs fruits.

Espèces végétales mises en observation	Groupe d'animaux	Espèces animales observées	Nombre d'individus animaux ayant consommé des fruits dans chaque espèce végétale étudiée
<i>Berchemia discolor</i>	Lémuriens	<i>Eulemur rufifrons</i>	23
		<i>Propithecus verreauxi</i>	12
		<i>Lepilemur ruficaudatus</i>	1
	Oiseaux	<i>Coracopsis nigra</i>	1
		<i>Coracopsis vasa</i>	1
	Rongeurs	<i>Hypogeomys antimena</i>	1
<i>Breonia perrieri</i>	Lémuriens	<i>Eulemur rufifrons</i>	12
		<i>Propithecus verreauxi</i>	7
		<i>Lepilemur ruficaudatus</i>	1
		<i>Copsychus albospecularis</i>	3
	Oiseaux	<i>Dicrurus forficatus</i>	1
		<i>Vanga curvirostris</i>	6
<i>Colubrina decipiens</i>	Lémuriens	<i>Eulemur rufifrons</i>	21
		<i>Propithecus verreauxi</i>	6
		<i>Lepilemur ruficaudatus</i>	1
	Oiseaux	<i>Coracopsis nigra</i>	1
		<i>Coracopsis vasa</i>	1
		<i>Dicrurus forficatus</i>	5
		<i>Cyanolanius madagascariensis</i>	5
	Rongeurs	<i>Hypogeomys antimena</i>	1
<i>Commiphora cf. aprevallii</i>	Lémuriens	<i>Eulemur rufifrons</i>	17
		<i>Propithecus verreauxi</i>	12
		<i>Coracopsis nigra</i>	7
	Oiseaux	<i>Coracopsis vasa</i>	2
		<i>Dicrurus forficatus</i>	8
		<i>Neomixis tenella</i>	4
		<i>Artamella viridis</i>	7
	Rongeurs	<i>Hypogeomys antimena</i>	1
<i>Grewia lavanalensis</i>	Lémuriens	<i>Eulemur rufifrons</i>	22
		<i>Lepilemur ruficaudatus</i>	1
		<i>Microcebus murinus</i>	3
	Oiseaux	<i>Coracopsis nigra</i>	4
		<i>Coracopsis vasa</i>	3
	Rongeurs	<i>Hypogeomys antimena</i>	1

**Suite (Annexe 9).** Bilan des observations directes et indirectes des sept espèces végétales en vue d'inventorier les espèces animales qui s'intéressent à la consommation de leurs fruits.

Espèces végétales mises en observation	Groupe d'animaux	Espèces animales observées	Nombre d'individus animaux ayant consommé des fruits dans chaque espèce végétale étudiée
<i>Poupartia silvatica</i>	Lémuriens	<i>Eulemur rufifrons</i>	12
		<i>Propithecus verreauxi</i>	14
		<i>Lepilemur ruficaudatus</i>	2
	Oiseaux	<i>Coracopsis nigra</i>	2
		<i>Coracopsis vasa</i>	1
	Rongeurs	<i>Hypogeomys antimena</i>	1
<i>Terminalia boivinii</i>	Lémuriens	<i>Eulemur rufifrons</i>	18
		<i>Propithecus verreauxi</i>	7
		<i>Lepilemur ruficaudatus</i>	1
		<i>Microcebus murinus</i>	2
	Oiseaux	<i>Neomixis tenella</i>	2
		<i>Copsychus albospecularis</i>	2
		<i>Dicrurus forficatus</i>	1

**Annexe 10.**Relevé matinal des températures et humidités relatives à chaque journée de suivi de la germination des graines.

Date de suivi	Heure	Température (°C)	Humidité relative
22 février 2019	07h21	23,8	74%
08 mars 2019	06h33	23,3	72%
22 mars 2019	07h12	23,2	69%
05 avril 2019	07h28	23,4	70%
19 avril 2019	08h11	21,0	67%
03 mai 2019	07h28	20,3	62%

**Annexe 11.**Caractéristiques de la dissémination des graines par E. rufifrons en période sèche (Ralisoamalala, 1996) et en période pluvieuse (Cette étude).

Période d'étude	Domaine vital (ha)	Richesse spécifique en fruits	Efficacité de la germination (en pépinière)	Début des activités journalières (mobilité et/ou alimentation)
Saison pluvieuse (Cette étude)	65,3	21	Présence de germination	Entre 8h00 à 9h00
Saison sèche (Ralisoamalala, 1996)	12,3	12	Pas de germination	Entre 6h30 à 7h30

**Annexe 12.** Caractéristiques des fruits consommés par *E. rufifrons* en période sèche à la forêt de Kirindy (Ralisoamalala, 1996).

Noms scientifiques des espèces végétales	Noms vernaculaires des espèces végétales	Famille	Type de fruit	Prés. pulp.	D.	Couleur des fruits	Nb. graines par fruit	Protec. graines
<i>Bridelia pervilleana</i>	Kitata	Euphorbiaceae	Baie	+	I	Noir	1	O
<i>Colubrina decipiens</i> <sup>P</sup>	Tratramborodreo	Rhamnaceae	Baie	+	I	Brun noir	1	O
<i>Diospyros sakalavarum</i>	Voamena	Ebenaceae	Drupe	+	I	Grenat	1	O
<i>Dupuya madagascariensis</i> <sup>P</sup>	Anakaraky	Hernandiaceae	Baie	+	I	Brun	1-8	C
<i>Grewia cyclea</i> <sup>P</sup>	Latabarika	Malvaceae	Drupe	+	I	Brun	1	C
<i>Grewia</i> sp. <sup>P</sup>	Sely	Malvaceae	Drupe	+	I	Brun rouge	1	C
<i>Grewia</i> sp.	Sely beravy	Malvaceae	Drupe	+	I	Brun rouge	1	C
<i>Grewia</i> sp.	Selingidro	Malvaceae	Drupe	+	I	Brun foncé	4	C
<i>Stereospermum euphorioïdes</i>	Mangarahara	Bignoniaceae	Baie	+	I	Noir	1	O
<i>Tarenna</i> sp.	Taolankena	Rubiacee	Drupe	+	I	Noir	1	O
<i>Terminalia boivinii</i> <sup>P</sup>	Amaninomby	Combretaceae	Drupe	+	I	Brun	1	O
<i>Terminalia calcicola</i> <sup>P</sup>	Talinala	Combretaceae	Drupe	+	I	Vert jaune	1	C

+ : présence de pulpe ; I : indéhiscent ; O : ouvert avec l'ongle ; C : ouvert avec un couteau ; Prés. pulp. : présence de pulpe ; Protec. graines : protection des graines ; D. : déhiscence ; nb : nombre des graines ; <sup>P</sup> : espèce dont les graines sont mises en germination en pépinière à proximité du camp.

**Annexe 13.** Distance de dissémination des graines de différents taxa de lémuriens.

Espèces	Min	Moy	Max	Habitats	Sources
<i>Eulemur rufifrons</i>	0	32,5	801,3	forêt sèche de Kirindy	Cette étude
<i>Eulemur rufifrons</i>	0	95	417	forêt humide de Ranomafana	Razafindratsima et al., 2014
<i>Eulemur rubriventer</i>	0	119	358	forêt humide de Ranomafana	Razafindratsima et al., 2014
<i>Eulemur cinereiceps</i>	0	404	1700	forêt littorale de Agnalazaha	Tsaramanana, 2012
<i>Varecia variegata editorum</i>	0	116	630	forêt humide de Ranomafana	Razafindratsima et al., 2014
<i>Varecia rubra</i>	0	83	568	forêt littoral de Masoala	Martinez et Razafindratsima, 2014

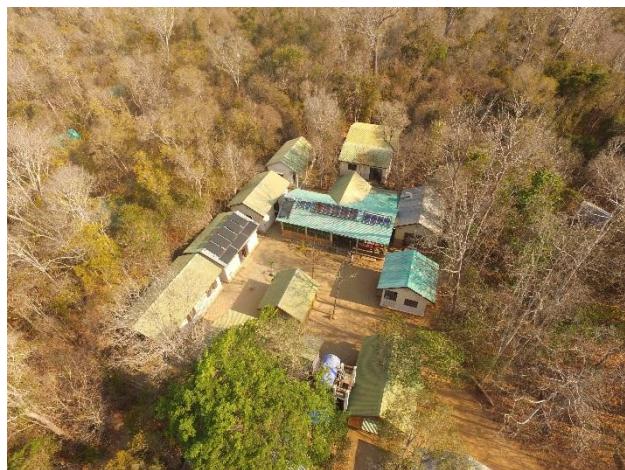
Min : minimum ; Moy : moyenne ; Max : maximum.

**Annexe 14.** Temps de passage des graines dans le tube digestif de différents taxa de lémuriens.

Espèces	Min	Moy	Max	Habitats	Sources
<i>Eulemur rufifrons</i>	0	21	73	forêt sèche de Kirindy	Cette étude
<i>Eulemur rufifrons</i>	72	190	371	forêt humide de Ranomafana	Razafindratsima et al., 2014
<i>Eulemur rufifrons</i>	60	155		en captivité	Razafindratsima et al., 2014
<i>Eulemur rubriventer</i>	96	214	433	forêt humide de Ranomafana	Razafindratsima et al., 2014
<i>Eulemur cinereiceps</i>	48	175	401	forêt littorale de Agnalazaha	Tsaramanana, 2012
<i>Varecia variegata editorum</i>	42	194	468	forêt humide de Ranomafana	Razafindratsima et al., 2014
<i>Varecia rubra</i>	63	225	423	forêt littoral de Masoala	Martinez et Razafindratsima, 2014

Min : minimum ; Moy : moyenne ; Max : maximum.

**Annexe 15.** Quelques photos du matériel utilisé dans l'étude.



20a. Camp forestier du DPZ (drone de DPZ)



20b. Enceinte des essais de germination



20c. Graines fécales de *E. rufifrons*



20d. Fruits de *Breonia perrieri*



20e. Graines pourries dans une boîte de Pétri



20f. Flacon de collecte des fèces

**TITRE : Evaluation du rôle de *Eulemur rufifrons* (Bennett, 1833) dans la dissémination des graines de la forêt de Kirindy/CNFEREF, Région Menabe, Madagascar.**

**RESUME**

La forêt de Kirindy située dans la partie Ouest de Madagascar, a fait l'objet d'une étude sur la dissémination des graines par *Eulemur rufifrons*, espèce « quasi-vulnérable », effectuée en période pluvieuse pour compléter la recherche déjà réalisée en saison sèche. La collecte des matières fécales a été suivit des tests de germination des graines sur trois types d'expériences, en boite de pétri, sur le sol fertile et en pépinière. L'identification des espèces végétales consommées par l'animal a été le complément de la méthodologie. Les résultats montrent que *E. rufifrons* exploite un domaine vital de 65,3 ha lié à la répartition des espèces végétales dans l'espace et à la disponibilité des fruits. Le rôle du lémurien à front roux méridional est de débarrasser la graine de la pulpe. L'identification des graines au niveau de la fèces a révélé 21 espèces disséminées à une distance moyenne de  $32,5 \pm 73,9$  m par rapport au pied parental probable. Le temps de passage de ces graines dans le tube digestif est en moyenne de  $21 \pm 19,9$  minutes. Il existe une corrélation négative entre la taille des graines ingérées et la distance de dissémination d'une part et avec le temps de rétention dans le tractus digestif de l'autre part. Le taux de germination du semi est faible. Il est de 6,7% [graines témoins], de 0,6% [graines fécales lavées], et de 11% [graines fécales non lavées] en pépinière. *Eulemur rufifrons* est largement le plus grand consommateur des grandes essences fruitières, avec 48% de son régime alimentaire, et dissème efficacement les graines forestières. Une éventuelle perte du lémurien à front roux méridional peut mettre en péril le sort des plantes qu'il dissème.

**Mots clés :** régime alimentaire, forêt de Kirindy, dissémination des graines, distance de dissémination, taux de germination, *Eulemur rufifrons*.

**ABSTRACT**

A study was made on the dissemination of seeds by *Eulemur rufifrons*, located in the West of Madagascar in Kirindy forest. This specie is “nearly-threatened”, cited by IUCN redlist. The study was carried out during the wet season to complement the research already carried out in dry season. The collection of fecal matters was followed by seed germination test on three types of experiences in a petri dish, on fertile soil and in the nursery. The identification of plant species consumed the animal was the complement of the methodology. The results show that *E. rufifrons* as a home-range of 65.3 ha. This large area is linked to the spatial repartition of the plant species and the availability of fruits, indehiscent and fleshy. The role of the lemur is to take out the pulp on the grain. The identification of fecal seeds reveal 21 species disseminated at an average distance of  $32.5 \pm 73.9$  M from the probable parent tree. The transit time of the grain through the digestive tract is  $21 \pm 19.9$  minutes. There is a negative correlation between the size of the seeds ingested and the distance of dissemination on the one hand and with the retention time in the digestive tract on the other hand. The semi showed that the germination rate is low. In tree nursery, the rate is of 6.7% for the control-grains; 0.6% for the defecated and washed grains; and 11% for the defecated but not washed grains. *Eulemur rufifrons* is an efficient and primary disseminator, with 48% rate of frugivory. A potential loss of this specie may cause a disturbance of the forest structure and dynamic.

**Keywords:** Kirindy forest, seeds dissemination, distance of dissemination, germination rate, *Eulemur rufifrons*.

**Encadreur :**

Dr Rakotomalala ZAFIMAHERY  
Maitre de conférences  
Mention Zoologie et Biodiversité Animale  
Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo

**IMPETRANT**

Hassani Ahamada NOUWAIR  
VT 3HA Andohaniato Ambohipo Antananarivo  
+261 32 25 981 71  
hnouwairi@yahoo.fr