



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO  
FACULTE DES SCIENCES



DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ANIMALE



*Latimeria chalumnae*

MEMOIRE  
POUR L'OBTENTION DU  
**Diplôme d'Etudes Approfondies (D.E.A.)**

Formation Doctorale: *Sciences de la vie*  
Option: *Biologie, Ecologie et Conservation Animales*

**Vigilance, budget d'activité et hormone du stress des adultes mâles de  
*Propithecus verreauxi* de la forêt sèche de Kirindy et ceux de la  
Réserve Spéciale de Beza Mahafaly, Madagascar.**

Présenté par:  
Mademoiselle Manintsitaha Josée Doria RALISON

Devant le JURY composé de:

Président : Monsieur Hajanirina RAKOTOMANANA  
Professeur Titulaire

Rapporteur : Monsieur Zafimahery RAKOTOMALALA  
Maître de conférences

Co-rapporteur : Monsieur Rodin RASOLOARISON  
Docteur, Deutsches Primatenzentrum (DPZ)

Examineur(s) : Madame Ranalison OLIARINONY  
Maître de conférences

Madame Nivohary Sylviane Maria VOLAMPENO  
Docteur

Soutenu publiquement le : 29 Avril 2015



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ANIMALE



*Latimeria chalumnae*

MEMOIRE

POUR L'OBTENTION DU

**Diplôme d'Etudes Approfondies (D.E.A.)**

Formation Doctorale: *Sciences de la vie*

Option: *Biologie, Ecologie et Conservation Animales*

**Vigilance, budget d'activité et hormone du stress des adultes mâles  
de *Propithecus verreauxi* de la forêt sèche de Kirindy et ceux de la  
Réserve Spéciale de Beza Mahafaly, Madagascar.**

Présenté par:

Mademoiselle Manintsitaha Josée Doria RALISON

Devant le JURY composé de:

Président	:	Monsieur Hajanirina RAKOTOMANANA Professeur Titulaire
Rapporteur	:	Monsieur Zafimahery RAKOTOMALALA Maître de conférences
Co-rapporteur	:	Monsieur Rodin RASOLOARISON Docteur, Deutsches Primatenzentrum (DPZ)
Examineur(s)	:	Madame Ranalison OLIARINONY Maître de conférences  Madame Nivohary Sylviane Maria VOLAMPENO Docteur

Soutenu publiquement le : 29 Avril 2015





## ***REMERCIEMENTS***

« Béni soit l'Éternel, mon rocher qui exerce mes mains au combat, mes doigts à la bataille. Mon bienfaiteur et ma forteresse. Ma haute retraite et mon libérateur. Mon bouclier, celui qui est mon refuge ». Psaumes 144,1-2

Mes vifs remerciements à :

-Monsieur le Doyen de la Faculté des sciences de l'Université d'Antananarivo, pour votre approbation pour la présentation de ce mémoire.

- Monsieur le chef de département de Biologie Animale Docteur Felix RAKOTONDRAPARANY, en autorisant la soutenance de ce présent mémoire.

-Monsieur le Professeur Hajanirina RAKOTOMANANA, Professeur Titulaire qui malgré ses lourdes tâches nous a fait l'honneur de présider cette soutenance. Je vous exprime mes sincères reconnaissances.

- Monsieur le Docteur Zafimahery RAKOTOMALALA, Maître de conférences et mon encadreur, pour sa contribution afin d'améliorer le contenu de ce manuel, pour le temps et les conseils offerts dès le début de l'étude jusqu'à son aboutissement. Mes sincères et purs remerciements.

- Monsieur le Docteur Rodin RASOLOARISON Coordonnateur National du Deutsches Primatenzentrum (DPZ), Madagascar et mon co-rapporteur, pour son aide inconditionnelle, ses conseils et sa contribution dans l'accomplissement de ce manuscrit. Je vous adresse ma profonde gratitude.

- Madame Docteur Ranalison OLIARINONY, Maître de conférences et Madame Docteur Nivohary Sylviane Maria, d'avoir accepté de siéger parmi les membres du jury. Veuillez agréer mes sincères remerciements.

Mes sincères reconnaissances vont à

- Madame le Docteur Claudia FICHTEL, non seulement vous avez offerts tous les soutiens financiers à ce projet mais aussi vous avez pris part dans son élaboration, tant sur la question pratique que sur la mise en œuvre de ce manuscrit.

- Monsieur Léon RAZAFIMANANTSOA Manager de terrain du DPZ et toutes les équipes du DPZ pour l'accueil chaleureux et l'aide qu'ils ont offerts durant toute l'étude.

- Eric Marcel TEMBA pour son aide dans l'accomplissement de ce manuscrit.

- Jean Sibien MAHEREZA, merci pour l'encouragement et le soutien quotidien que vous m'aviez offerts.

- Eduard MAHATRATRA, mon assistant dans la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly.

Je tiens également à exprimer ma gratitude à tous les enseignants du département de Biologie Animale pour les connaissances, l'éducation et les critiques constructives que vous avez offertes tout au long de mes parcours.

Merci à tous les personnels techniques et administratifs du département de Biologie Animale.

Un grand merci également à Mihary pour son soutien, merci d'être toujours présent dans tout ce que je fais.

Mes sincères reconnaissances à ceux qui ont participés de près et de loin dans l'accomplissement de ce manuel.

Ce mémoire est dédié à ma famille, à mes frères et sœurs et surtout à mes parents qui n'ont jamais cessé de croire en moi, pour leur soutien moral et financier tout au long de mes parcours.

***Merci à tous !***



## RESUME

Le comportement de vigilance joue un rôle prédominant dans l'acquisition des ressources et également dans l'évitement des prédateurs. Ainsi, ce comportement peut affecter directement le fitness des individus proies et la compréhension des facteurs pouvant l'influencer peut procurer un aperçu sur l'interaction proie-prédateur. La réponse des proies au prédateur inclue la plasticité dans le comportement, la physiologie, qui pendant ce temps réduit le risque de prédation. Cette étude s'est focalisée sur le comportement de vigilance, le choix de stratification, le budget d'activité et le taux de glucocorticoïde de *Propithecus verreauxi* (sifaka) mâles qui constitue la majeure partie du régime alimentaire du fosa (*Cryptoprocta ferox*) dans la forêt de Kirindy, et ceux de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly, où le chat sauvage (*Felis silvestris*) constitue un important prédateur de cette espèce. Pour ce faire, des observations comportementaux ont été effectuées sur 16 groupes avec 26 individus focaux (8 groupes avec 13 individus focaux pour chaque site), du mois de septembre jusqu'en novembre 2014, correspondant à la fin de la saison sèche. Pour l'analyse hormonale, 78 échantillons de matières fécales en été collectés pour les individus des deux sites d'études. Les résultats ont démontré qu'aucune différence significative existe entre la fréquence de vigilance des deux sites mais le choix des strates utilisé par cette espèce en revanche est significativement différent entre les sites d'études, *P. verreauxi* apparaît plus terrestre dans la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly tandis que dans la forêt de Kirindy cette espèce est rarement observée au niveau du sol. Toutefois, la vigilance des sifaka de la forêt de Kirindy a pour fonction anti-prédatrice. Le taux du glucocorticoïde pour sa part a relevé une forte concentration au niveau de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly. L'analyse du budget d'activité d'un autre côté a montré que la durée des activités entreprise par cette espèce est presque la même dans les deux sites et allouée exclusivement à l'alimentation et au repos. Ainsi, les fosa de la forêt de Kirindy influencent notamment sur le comportement de la vigilance et sur le choix de la stratification de l'espèce de cette localité.

**Mots clés :** vigilance, budget d'activité, stratification, glucocorticoïde, *Propithecus verreauxi*, Kirindy/CNFEREF, Beza Mahafaly.

## ABSTRACT

Vigilance behavior have important rules in foods acquisitions and predator avoidance. It's may directly affect fitness of prey, and understanding factors influencing vigilance may provide important insight into predator-prey interactions. Prey and prédator relationship involved the plasticity in behavior and physiology to reduce predation risk. This study is focalised on vigilance, choice of habitat use, time budget and level of glucocorticoid in adult male of *Propithecus verreauxi* (sifaka), principal diet of fossa (*Cryptoprocta ferox*) in Kirindy forest. At the Beza Mahafaly Special Reserve, wild cat (*Felis silvestris*) is an important predator of this species. Sixteen groups and 26 individuals (8 groups with 13 individuals for each site) were observed during the late dry season in September-November 2014. For hormonal analysis, 78 samples were collected in both site. Indeed, no differences exist between degree of vigilance behavior at both sites. However, there were significant différences in choice of canopy use, *P. verreauxi* appear more terrestrial at Beza Mahafaly Special Reserve than at Kirindy forest. And there are correlation between the level of canopy use and the degree of vigilance. In other hand, sifaka vigilance at Kirindy forest has function anti-predator. Futher, levels of glucocorticoid metabolite in Beza Mahafaly Special Reserve is significantly higher. For time budget no significant differences exist between the principal activity at both sites, especially attribuate to feeding and resting. Thereby, the presence of fossa at Kirindy forest influence vigilance behavior and level of canopy use of this species

**Keywords : vigilance, time budget, stratification, glucocorticoid, *Propithecus verreauxi*, Kirindy/CNFEREF, Beza Mahafaly.**

# SOMMAIRE

\*\*\*\*\*

INTRODUCTION.....	1
I. MILIEU ET SITE D'ETUDE .....	6
I.1 Forêt de Kirindy.....	6
I.1.1 Localisation géographique .....	6
I.1.2 Faune et flore .....	6
I.1.3 Climat.....	8
I.1.4 Site d'étude.....	8
I.2 Réserve Spéciale de Beza Mahafaly.....	9
I.2.1 Localisation géographique .....	9
I.2.2 Faune et flore .....	11
I.2.3 Climat.....	11
I.2.4 Site d'étude.....	12
II. MATERIELS ET METHODES .....	13
II.1. Matériel biologique .....	13
II.1.1. Position systématique .....	13
II.1.2 Description et distribution géographique.....	13
II.1.3 Biologie et écologie .....	14
II.2 Période d'étude et animal focal.....	15
II.3 Collecte des données .....	18
II.4 Collecte des matières fécales.....	20
II.5 Analyse en laboratoire des matières fécales.....	21
II.6 Analyse statistique.....	22
II.6.1 Test de chi-deux ( $X^2$ ).....	22
II.6.2 Test-U de Mann-whitney et t test.....	22
II.6.3 Test de Kruskal wallis.....	23
II.6.4 Modèle linéaire généralisé (GLM).....	23
II.6.5 Modèle linéaire mixte (LMM).....	23
III. RESULTATS ET INTERPRETATIONS .....	24

III.1 Etude du comportement de vigilance.....	24
<i>III.1.1 Etude de la vigilance individuelle .....</i>	<i>24</i>
<i>III.1.2. Comparaison de la fréquence de la vigilance entre les deux sites d'études .....</i>	<i>25</i>
<i>III.1.3. Vigilance et taille du groupe .....</i>	<i>26</i>
<i>III.1.4. Vigilance et disposition spatiale .....</i>	<i>27</i>
<i>III.1.5 Vigilance et le nombre d'individus inférieur à 5 m de l'animal focal .....</i>	<i>27</i>
III.2 Distribution spatiale .....	29
<i>III.2.1 Hauteur occupée par les individus focaux .....</i>	<i>29</i>
<i>III.2.2 Arrangement spatiale par rapport à l'individu le plus proche .....</i>	<i>30</i>
III.3. Etude du budget d'activité .....	31
<i>III.3.1 Budget d'activité pour chaque sites d'études.....</i>	<i>31</i>
<i>III.3.2. Rythme journalier du budget d'activité pour chaque site d'étude .....</i>	<i>31</i>
<i>III.3.3. Variation du rythme journalière du budget d'activité entre la P1 et la CS7.....</i>	<i>32</i>
<i>III.3.4 Comparaison du budget d'activité entre les deux sites d'études .....</i>	<i>33</i>
III.4. Etude du taux de glucorticoïde .....	35
IV. DISCUSSIONS .....	38
IV.1 Etude de la vigilance, distribution spatiale et cohésion du groupe.....	38
IV.2 Budget d'activité.....	41
IV.3. Taux du glucocorticoïde .....	43
CONCLUSION ET RECOMMANDATION .....	44
BIBLIOGRAPHIE .....	46

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1.</b> Localisation de la forêt de Kirindy/CNFEREF, Centre-ouest de Madagascar .....	7
<b>Figure 2.</b> Croquis représentant les différents sites de la forêt de Kirindy/CNFEREF incluant le site d'étude CS7 .....	9
<b>Figure 3.</b> Carte de localisation de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly .....	10
<b>Figure 4.</b> Carte de localisation de la parcelle 1 de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly .....	12
<b>Figure 5.</b> a) Photos de <i>Propithecus verreauxi</i> et b) Distribution de <i>Propithecus verreauxi</i> (en rouge) .....	14
<b>Figure 6 :</b> Collecte des matières fécales dans la forêt .....	20
<b>Figure 7.</b> Fréquence de la vigilance entre les deux sites (CS7 ; n= 13 et P1 ; n= 13) pendant la saison sèche. ....	26
<b>Figure 8.</b> Corrélation de la fréquence de la vigilance en fonction de la hauteur utilisée par <i>P. verreauxi</i> dans les deux sites d'études durant les 68 heures d'observations.....	28
<b>Figure 9.</b> Corrélation de la fréquence de la vigilance par rapport à la distance de l'individu le plus proche de l'animal focal. ....	28
<b>Figure 10.</b> Variation de la hauteur utilisée par <i>Propithecus verreauxi</i> dans deux sites d'études (CS7 et P1) pendant la saison sèche.....	29
<b>Figures 11.</b> Graphe présentant la distance des individus par rapport à leur voisin le plus proche entre les deux sites d'études.....	30
<b>Figure 12.</b> Présentation des variations journalières des activités (déplacement, alimentation, repos EA : en alerte, repos NA : non alerté) des propitthèques au niveau de chaque site d'étude. ....	32

**Figure 13. A.** Comparaison du temps alloué au toilettage au niveau de la forêt de Kirindy (CS7) et de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly durant la fin de la saison sèche montrant une différence significative avec une valeur de  $p= 0,001$ .....34

**Figure 14.B.** Comparaison de la durée des autres activités entre les deux sites d'études, CS7 de la forêt sèche de Kirindy et de la parcelle 1 de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly, avec une différence hautement significative  $p<0,001$ .....34

**Figure 15.**Taux du glucocorticoïde du *Propithecus verreauxi* entre la CS7 de la forêt de Kirindy et la P1 de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly.....35

**Figure 16.**Variation journalière du budget d'activité durant la fin de la saison sèche du mois de septembre jusqu'en novembre 2014 de la CS7 de la forêt sèche de Kirindy et de la parcelle 1 de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly. ....36

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau I.</b> Composition des groupes focaux de la forêt de Kirindy (CS7) et de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly (P1) durant le mois de septembre jusqu'en novembre .....	16
<b>Tableau II.</b> Protocole sur terrain pour la collecte des données .....	17
<b>Tableau III.</b> Définition des différents types d'activités entrepris par <i>Propithecus verreauxi</i> . .....	19
<b>Tableau IV.</b> Moyenne et écart-type de la fréquence de la vigilance durant une observation de 10 minutes pour chaque individu au niveau de la CS7 de la forêt de Kirindy, Morondava. ....	24
<b>Tableau V.</b> Moyenne et écart-type de la fréquence de la vigilance de 10 minutes pour une observation de chaque individu focal de la P1 de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly.....	25
<b>Tableau VI.</b> Valeur moyenne et écart type de la fréquence de la vigilance (durée de 10 minutes) au niveau de la CS7 de la forêt de Kirindy et de la P1 de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly .....	26
<b>Tableau VII.</b> Pourcentage des activités de <i>Propithecus verreauxi</i> au niveau de la forêt de Kirindy (CS7) et de la réserve Spéciale de Beza Mahafaly (P1) durant une période d'étude de 60 jours pendant la saison sèche. ....	31
<b>Tableau VIII.</b> Valeurs des moyennes et des écart-types des différentes activités pour les deux sites d'étude la CS7 et la P1 .....	33
<b>Tableau IX.</b> Résultats de l'analyse des différences sur les activités entrepris par les sifaka entre les sites CS7 de la forêt de Kirindy et P1 de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly.....	34

## LISTE DES ANNEXES

<b>Annexe 1.</b> Fiche d'observation sur terrain.....	I
<b>Annexe 2.</b> Tableau comparatif de la vigilance des deux sites .....	I
<b>Annexe 3.</b> Tableau comparatif du budget d'activité des deux sites.....	II
<b>Annexe 4.</b> Liste des prédateurs du <i>Propithecus verreauxi</i> dans la forêt de Kirindy et de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly .....	III
<b>Annexe 5.</b> Tableau de des données climatiques de la Région de Morondava et de Betioky de l'année 2014 avec des valeurs moyennes mensuelles.....	III

## **LISTES DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES**

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

**CS5** : CONOCO-Sud au Kilomètre 5

**CS7**: CONOCO-Sud au Kilomètre 7

**CITES** : Convention sur le Commerce International des Espèces de Faune et de Flore Sauvages Menacées d'Extinction

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

**GC** : Glucocorticoïde

**MNP** : Madagascar National Parks

**N5** : CONOCO-Nord au kilomètre 5

**P1**: Parcelle1

**RSBM** : Réserve Spéciale de Beza Mahafaly

**Sav** : Savane

**SPSS**: Statistical Package for Social Science

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

## INTRODUCTION

Le comportement de vigilance joue un rôle prédominant dans l'acquisition des ressources et également dans l'évitement des prédateurs. La vigilance est coûteuse en termes d'énergie du fait qu'elle nécessite beaucoup de temps et d'attention pour chaque individu c'est pourquoi elle n'est pas convenable avec d'autres activités (Childress & Lung, 2003). Ainsi, ce comportement peut affecter directement le fitness des individus proies et la compréhension des facteurs pouvant l'influencer peut procurer un aperçu sur l'interaction proie-prédateur (Lashley et al., 2014). Pour leur part, les proies ont évolué afin d'éviter les rencontres avec leurs prédateurs et survivre à leurs attaques (Christopher & Walter, 2004), cette adaptation est essentielle pour le fitness individuel de la population naturelle (Michael et al., 2010). En effet, de maintes stratégies sont adoptées par les proies pour diminuer le risque de prédation telles les colorations cryptiques, l'ajustement des activités, l'évitement de certains microhabitats (Ruxton et al., 2004) et l'ajustement du comportement de vigilance (Cavigelli, 1999).

Comme stratégie anti-prédatrice la vigilance est un moyen d'augmenter la protection contre la prédation par une association collective de ce comportement chez les groupes sociaux (Baldellou & Henzi, 1992), un effet connu comme « l'effet de plusieurs yeux » stipule que les groupes plus larges détectent plus tôt ou plus vite les prédateurs dû à la présence de plusieurs individus pour la surveillance des alentours (Pulliam, 1973). Toutefois, ce cas n'est pas toujours évident sur une espèce de primate (*Alouatta pigra*) (Treves et al., 2001) et sur une autre espèce de mammifère (*Nubian Ibex*) (Hochman & Kotler, 2006) où la taille du groupe n'influence pas sur la fréquence de la vigilance. À part le risque de prédation, la vigilance, chez les groupes sociaux peut être attribuée à la reproduction, à l'évitement des agressions et au maintien des contacts (Caro, 2005). D'ailleurs, Gould (1996) avait argumenté le fait que dans d'autres circonstances, la vigilance peut être adoptée envers d'autres groupes sociaux, cela occasionne une meilleure opportunité pour se reproduire chez les adultes mâles en maximisant la fréquence de ce comportement, comme quoi ils deviennent plus tolérés au sein du groupe vis-à-vis des femelles. Ainsi, la vigilance peut être un comportement anti-prédateur ou un social monitoring, mais la distinction entre ces deux formes de vigilance peut être difficile sur le terrain (Treves, 2000). Cependant, l'étude du rôle de la vigilance dépend pertinemment sur des hypothèses indirectes de l'investigation écologique et des facteurs sociaux qui peuvent influencer sur la vigilance (Hirsch,

2002 ; Dolar & Heyman, 2010). Selon des études effectuées par ce même auteur sur une autre espèce de primates (*Cebus apella*), c'est le social monitoring qui affecte le plus la vigilance, mais inversement à cela, après une étude en captivité chez *Callithrix jacchus*, c'est la vigilance anti-prédatrice qui prédomine le plus (Gosselin-Ildari & Koenig, 2012).

Le budget d'activité est une expression du comportement et peut être extrêmement flexible (Vasey, 2005), la variation peut être journalière, saisonnière, ou individuelle selon la perception de son propre environnement. Des activités telles l'alimentation et le déplacement (Mateo, 2010) et certaines activités sociales (Biben et al., 1989) sont influencées par le risque de la prédation. La vigilance collective est bénéfique pour chaque individu au sein du groupe dans le but de diminuer le temps passé à être vigilant et s'engager à d'autres activités comme l'alimentation et en même temps assurer sa propre sécurité. En effet, une vigilance excessive peut engendrer une perte des opportunités à s'alimenter (Frid, 1997) Une théorie supporte le fait que les animaux diminueront l'effort alloué à l'alimentation pour réduire le risque de la prédation (Lima & Dill, 1990) due aux changements que doivent adopter les animaux notamment sur la durée des activités, des chemins à emprunter, du choix des habitats et de la vigilance. Par conséquent, les individus pourraient choisir des stratégies pour maximiser le temps passé à l'alimentation pour plus d'énergie et en même temps minimiser le risque.

Cependant, la réponse des proies au prédateur inclue non seulement la plasticité dans le comportement mais aussi sur la physiologie. L'initiateur ou les facteurs du stress chez les animaux peuvent être d'origine écologique ou des événements sociaux dans leur environnement. Le stress dû à l'environnement à l'instar des facteurs climatiques, la disponibilité alimentaire, et une haute pression de prédation peuvent être à l'origine d'une augmentation du taux de glucocorticoïde (GC) chez les primates (Engh & al., 2006). Cette élévation du taux de cortisol est une réponse immédiate du corps, pour une mobilisation de la réserve énergétique et une réduction du processus métabolique (Sapolsky, 2004). La réponse au stress face au prédateur est définie comme une réaction physiologique cumulative déclenchée par un événement imprévisible. Le GC a pour rôle de protéger le corps pendant et après le stress et régule le rythme cardiaque, la mobilisation et le stockage d'énergie (Sapolsky & al., 2000). Ainsi, une élévation chronique peut avoir des effets déterminants comme des échecs reproductifs et des maladies chez les animaux (Munck & al., 1984). Ces réponses au stress peuvent être des composants majeurs de l'impact

négatif des prédateurs sur les proies, et leurs analyses peuvent fournir un aperçu sur comment le stress plus généralement peut affecter les populations, les communautés, et le processus de l'écosystème (Preisser, 2009).

La relation prédateur-proie est un domaine assez large, l'investigation de la stratégie anti-prédatrice par la vigilance, le budget d'activité et le taux du GC de *Propithecus verreauxi* s'avère important du fait que ce dernier est soumis à différents types de prédateurs. Notamment, un viverridé endémique de Madagascar *Cryptoprocta ferox* (fosa) et le rapace *Polyboroides radiatus* dans la forêt de Kirindy. Cependant, étant vraiment agile, rapide, doté d'un sens olfactif aigu, des dents acérées, des mâchoires très puissantes et capable de chasser de jour et de nuit, le fosa constitue un danger éminent pour ces animaux, il est considéré comme un prédateur spécialiste des lémuriens (Goodman et al., 1993). *Cryptoprocta ferox* est le principal prédateur de presque tous les autres mammifères forestiers de cette zone (Rasolonandrasana, 1994 ; Rasoloarison et al., 1995). En effet, la forêt de Kirindy présente plusieurs espèces de mammifères, mais les lémuriens diurnes semblent représenter la base principale du régime alimentaire de ce carnivore, essentiellement le *P. verreauxi*. L'analyse de l'excrément du fosa dans la forêt de Kirindy a montré que les sifakas représentent 36,3% en termes de biomasse des proies consommées (Rasolonandrasana, 1994). Ganzhorn et Kappeler (1996) ont reporté également que cette espèce peut perdre environ un tiers de chaque naissance due à la prédation du fosa. Le fait que les sifaka sont aussi très convoités par les rapaces est aussi non négligeable, Goodman et al., (1993) ont montré que les bébés sifaka constituent des proies importantes pour *Polyboroides radiatus*. Le fosa peut chasser directement sur les arbres, c'est une action entraînant un risque élevé de blessure et c'est pendant la saison sèche que cela se produit le plus souvent par rapport à d'autre moment (Brockman et al, 2008).

En outre, dans la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly (RSBM) les chiens domestiques (*Canis lupus familiaris*) et le chat sauvage (*Felis silvestris*) semble être responsable d'une importante augmentation de la prédation chez les lémuriens diurnes (Brockman et al, 2008). Toutefois, dans la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly, *C. ferox* a été vu pour la dernière fois en novembre 1993 (Kubzdela, pers. comm.). À ce propos il se peut que le fosa soit rare ou voire absent dans la région. (Jacky-Youssouf, pers. comm.). Malgré cela, d'après les études

réalisées par Lawler et Caswell (2007), des données d'une étude démographique à long terme ont montré que 2% de la population du sifaka de la RSBM décline chaque année pour des raisons encore flou. Or, selon des études squelettiques, il a été prouvé que les sifaka sont victimes de prédateurs mammifères. En effet, des recherches squelettiques et comportementales ont démontré que les chats sauvages sont les prédateurs actifs de *P.verreauxi* durant la saison sèche (Brockman et al, 2008). Ainsi, sous une telle pression de prédation les propitèques doivent avoir des comportements stratégiques (cri d'alarme, la vigilance, comportement anti-prédateur) pour éviter leurs prédateurs. Cependant, si l'individu passe beaucoup plus de temps à être vigilant et a adopté des comportements anti-prédateurs, il y aurait une altération sur les activités entreprises par cette espèce, notamment sur l'alimentation alors qu'elle doit aussi résister à une rude saison sèche caractérisée par une pénurie de nourriture. Il est également primordial pour cette espèce de se préparer à la saison d'accouplement qui est limitée pendant quelques semaines du mois de janvier et de février (Kappler & Fichtel, 2012) qui leur nécessite beaucoup d'énergie. Sur ce, l'investigation de l'influence du risque de prédation sur le comportement et la physiologie de la population naturelle est vitale pour identifier l'intérêt de la conservation spécifique et d'identifier le statut de l'espèce.

Cette étude se concentre particulièrement sur la compréhension du comportement de la vigilance, le budget d'activité et le taux du GC chez les adultes mâles de *Propithecus verreauxi* et aussi sur les facteurs influençant le comportement de vigilance sur ce dernier, pendant la saison sèche dans deux sites où la forêt de Kirindy est supposée ayant une pression de prédation élevée. Des études à long terme chez les lémuriens ont montré que l'estimation du comportement liée à l'évitement des prédateurs est la vigilance, les cris d'alarmes spécifiques et générales, le choix sur l'utilisation des strates (Wright, 1998), ces différents traits peuvent refléter le risque perçus par l'individu. Pour se faire nos objectifs se sont concentrés sur 1) la détermination et la comparaison de la fréquence de la vigilance, 2) le choix de la strate utilisée par les individus, 3) la cohésion du groupe 4) le budget d'activité et 5) la détermination du taux GC de *P. verreauxi* mâle. Ainsi, l'ensemble de ses données pourraient prévoir le risque de prédation dans chaque site précise. Pour ainsi définir la fonction de la vigilance comme comportement anti-prédateur il est prédit que la fréquence de la vigilance est atténuée lorsque les sifakas sont près de leurs voisins et quand le nombre des individus les plus proches est élevé. Et contrairement à cela la vigilance a

comme fonction de social monitoring, il est prédit que ce comportement augmente avec la taille du groupe et le nombre d'individu proche de l'animal focal. Des observations continues et instantanées par la méthode animal focal sampling ont été utilisées ; pour élucider ces différents points. Il s'avère primordial de répondre à quelques questions afin de mener à bien cette recherche. En premier temps, Est-ce que la vigilance, le choix de la strate utilisée et la cohésion du groupe et le taux du GC sont liés au risque de prédation *Propithecus verreauxi* mâles? Et en second lieu, le risque de prédation altère-t-il les activités de ces animaux ?

### **Hypothèse 1**

La fréquence de la vigilance entre individu dans un même site est similaire due à l'association collective de comportement

### **Hypothèse 2**

La vigilance reste toujours la même peu importe la taille du groupe. Il est prédit que plus les groupes sont larges plus la fréquence de la vigilance est minimisée due à « l'effet de plusieurs yeux »,

### **Hypothèse 3**

Il existe aucune différence sur la fréquence de la vigilance, la strate utilisée et la cohésion du groupe entre la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly et la forêt de Kirindy. Il est prédit que l'espèce de la forêt de Kirindy est plus vigilant et aussi qu'elle occupe une stratification plus élevée, et la cohésion serait plus prononcée qu' au niveau de l'autre site du fait de la présence du grand prédateur le fosa qui est considéré comme l'un des prédateurs spécialistes en primates (Hart, 2000).

### **Hypothèse 4**

Il n'y a aucune différence du budget d'activité et le taux du GC entre les deux sites. Comme prédiction le budget des activités serait différent entre les deux sites car *P.verreauxi* pourrait être plus en paix dans la RSBM que ceux la forêt de Kirindy qui pourraient être plus engagés à la vigilance, et auront moins de temps accordé à d'autres activités. Et que le taux de de GC serait plus élevé au niveau de la forêt de Kirindy.

## **I. MILIEU ET SITE D'ETUDE**

Cette étude a été réalisée dans deux zones forestières dont la forêt de Kirindy au Centre-Ouest et la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly au Sud-ouest de Madagascar.

### **I.1 Forêt de Kirindy**

#### ***I.1.1 Localisation géographique***

La forêt sèche caducifoliée de Kirindy se situe au Centre-ouest de Madagascar, ex-province de Toliary, dans la Région de Menabe, District de Morondava et Commune rurale de Bemanonga. Elle est comprise dans le Centre National de Formation, d'Etudes et de Recherche en Environnement et de Foresterie de Morondava (CNFEREF) et se situe à environ 60 km au nord de la ville de Morondava à une altitude comprise entre 18 et 40 m. Cette concession couvre une superficie d'environ 12500 ha (Figure.1).

#### ***I.1.2 Faune et flore***

La forêt de Kirindy héberge plusieurs espèces de vertébrés incluant diverses espèces de lémuriniens. Ce site par sa richesse constitue le dernier bastion et le refuge de quelques taxa de vertébrés des forêts caducifoliées de l'ouest de Madagascar (Sorg et al., 2008). Cette forêt renferme huit espèces de lémuriniens dont deux diurnes (*Propithecus verreauxi*, *Eulemur rufifrons*) et six nocturnes (*Microcebus berthae*, *M. murinus*, *Cheirogaleus medius*, *Mirza coquereli*, *Phanerpallescens*, *Lepilemur ruficaudatus*) (Mittermeier et al., 2010 ; Kappeler & Fichtel, 2012), deux carnivores (*Cryptoprocta ferox*, *Mungotictis decemlineata*), sept Afrosoricidae et cinq espèces rongeurs (Ganzhorn et al., 1996). Concernant les espèces herpétofauniques 14 espèces d'Amphibiens et 42 espèces de Reptiles y sont présentes (Raselimanana, 2008). L'avifaune inventoriée est de 40 espèces dont 13 sont endémiques (Raheirilalao & Wilmé, 2008)



**Figure 1.** Localisation de la forêt de Kirindy/CNFEREF, Centre-ouest de Madagascar (Source : DPZ).

La végétation est caractérisée par des feuillages caduques spécifiques des forêts sèches, par l'absence quasiment entière de la strate herbacée, par une floraison fréquente en saison sèche avant que les feuilles n'apparaissent et également par différentes formes de xérophyllie. La colonisation végétale dépend de la structure du sol (sols les plus secs, sols intermédiaire et sols bruns et les vertisols). Le sol intermédiaire demeure celui qui renferme la majorité des espèces existantes. La structure de la forêt est composée par un étage dominant où les arbres dépassent les

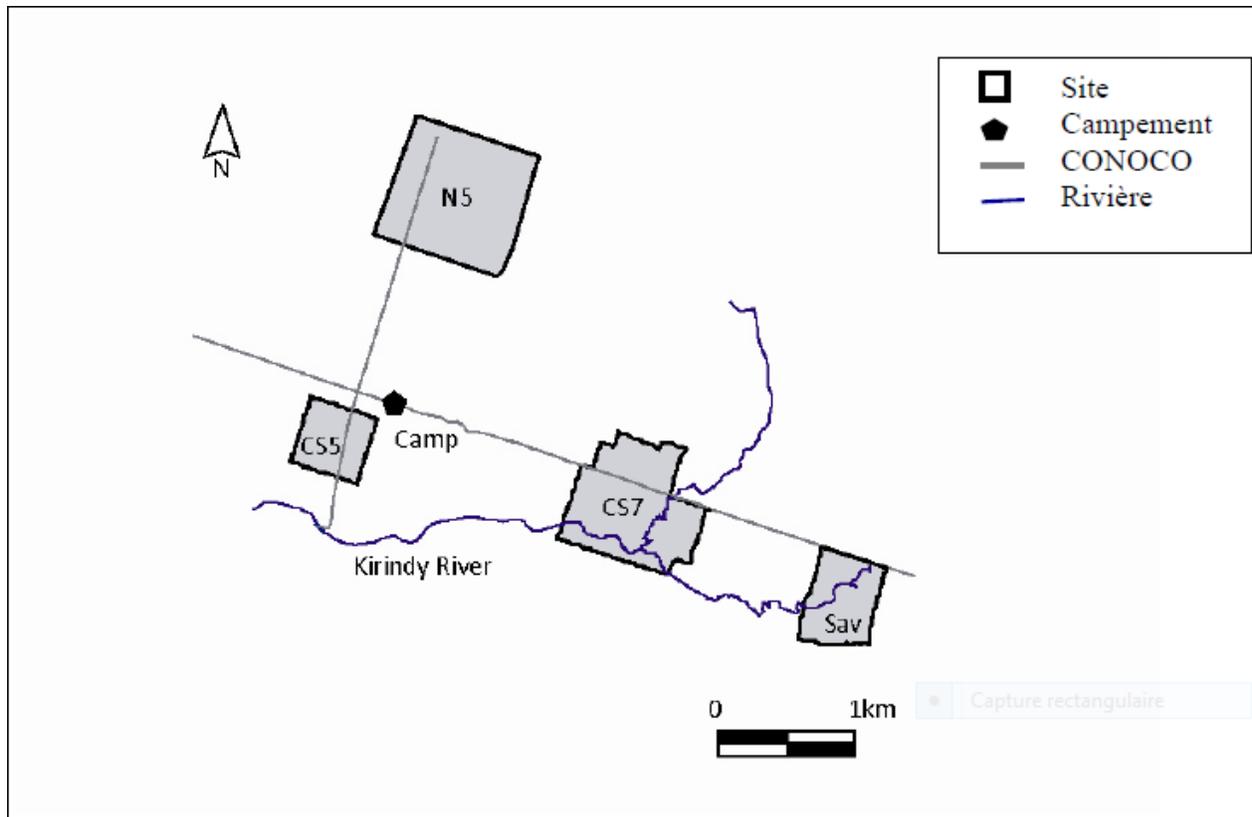
12 m de hauteur atteignant un diamètre supérieur à 25 cm, un étage intermédiaire où les arbres sont compris entre 5 à 12 m de hauteur et 12 à 25 cm de diamètre et finalement un sous-étage constitué par des arbres d'une hauteur inférieure à 5 m et de diamètre inférieur à 10 cm. Dans les endroits les plus humides les arbres peuvent atteindre jusqu'à 25 m de hauteur (Sorg et *al.*, 2008)

### ***1.1.3 Climat***

Cette région est marquée par une saisonnalité prononcée, par une saison chaude et pluvieuse du mois de novembre à mars/avril et une saison sèche entre le mois d'avril et le mois d'octobre où les plantes perdent presque toutes ses feuilles. La température annuelle est de 24,7°C et les moyennes des maxima et des minima sont exactement à 30,7 et 19°C avec une précipitation annuelle de 767 mm en moyenne (Tache, 1994) où les précipitations les plus fortes sont enregistrées en janvier et février. Ces extrêmes pluvieux sont souvent liés au passage de dépressions tropicales (Rohner et Sorg 1986).

### ***1.1.4 Site d'étude***

Dans la forêt de Kirindy, N5, CS5, CS7 et la savane constituent les différents sites d'études établies par le DPZ. Cependant, cette étude a été réalisée au niveau de la CS7 du faite que c'est le seul site qui présente plusieurs groupes marqués pour effectuer les suivis contrairement à la savane qui ne présente qu'un seul groupe marqué et la N5 et la CS5 n'en présente aucun. Ce site se situe à environ 2 km à l'Est du campement où réside la station de recherche du DPZ. Il couvre une superficie d'environ 60 ha qui s'étend au Nord et au Sud de la piste CONOCO. Le site est traversé par la rivière « Kirindy » présentant aucun écoulement tout au long de la saison sèche.

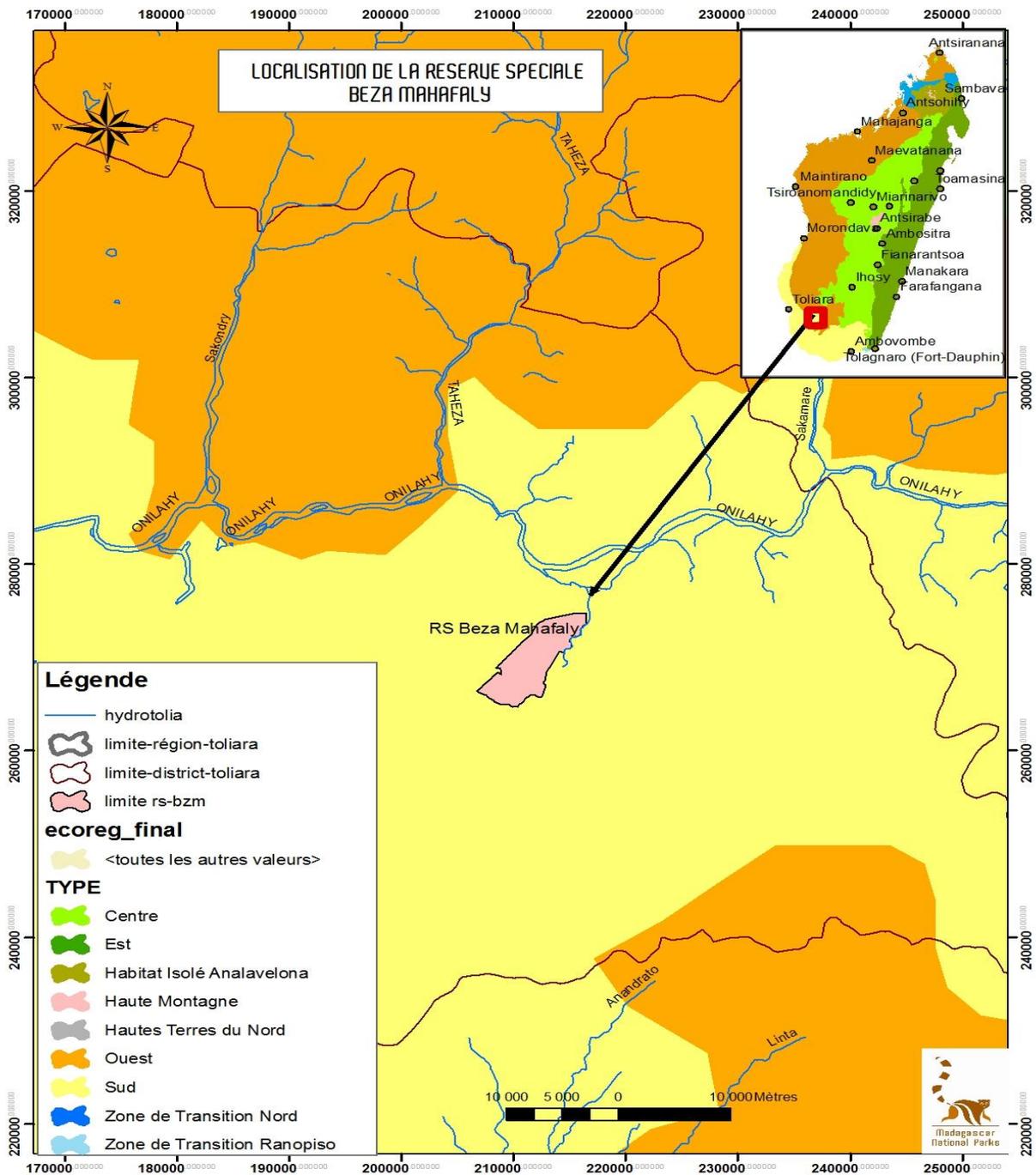


**Figure 2.** Croquis représentant les différents sites de la forêt de Kirindy/CNFEREF incluant le site d'étude CS7 (Source : DPZ).

## I.2 Réserve Spéciale de Beza Mahafaly

### I.2.1 Localisation géographique

La Réserve Spéciale de Beza Mahafaly (RSBM) se situe au Sud-ouest de Madagascar, dans la Province de Toliary et compris dans le district de Betioky. Elle est localisée à environ 35 km au Nord-est de la ville de Betioky Sud (Figure. 3). La RSBM couvre une surface d'environ 600 ha. Ce site est constitué de deux parcelles distant d'environ de 10 km. La première parcelle est une forêt riveraine de 80 ha et la seconde constitue un fourré épineux d'une superficie voisinant les 520 ha.



Source: FTM, Madagascar National Parks  
Réalisation: Février 2014

**Figure 3.** Carte de localisation de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly (Source : MNP, 2014).

### ***1.2.2 Faune et flore***

D'après Ratsirarson (2008), cinq espèces de lémuriens dont deux diurnes (*Propithecus verreauxi*, *Lemur catta*) et trois autres nocturnes (*Lepilemur leucopus*, *Microcebus murinus*, *M. griseorufus*) sont présentes dans la RSBM. Ce même auteur avait reporté que les propithèques de la RSBM sont habitués à la présence de chercheurs. Concernant les autres mammifères, trois espèces de carnivores dont une est endémique (*Cryptoprocta ferox*) et deux introduites (*Felis silvestris* et *Viverricula indicata*), six espèces d'Afrosoricida et trois espèces de rongeurs y résident (Ratsirarson et al., 2001). Les Chiroptères incluent quatre espèces, les reptiles comptent 34 espèces (Ratsirarson et al., 2001), l'avifaune contient 102 espèces dont 5 endémiques de la région du Sud (Langrand, 1996)

Concernant la végétation, elle est caractérisée par de nombreuses espèces endémiques très adaptées à la longue saison sèche, avec des espèces présentant diverses feuillages (caduque, de petite taille ou succulente), des espèces sans feuilles ou à tubercules. La RSBM abrite environ 122 espèces appartenant à 49 familles dont les Euphorbiaceae et les Mimosasaceae sont les plus dominantes (Ratsirarson et al., 2001). Deux types de végétation y existent, dans la parcelle 1 voisinant la rivière du Sakamena, la végétation est caractérisée par une forêt galerie possédant une végétation caducifoliée à semi-caducifoliée. Elle est dominée par les espèces *Tamarindus indicus*, *Albizia polyphylla* et *Acacia royumae*. Dans la parcelle 2, la végétation est plutôt de type xérophyte dominée par *Alluaudia procera*, *Cedrelopis grevei* et *Commiphora spp.* et *Euphorbia spp.*. La hauteur et le diamètre des arbres diminuent au fur et à mesure où la rivière s'éloigne (Ratsirarson, 2008).

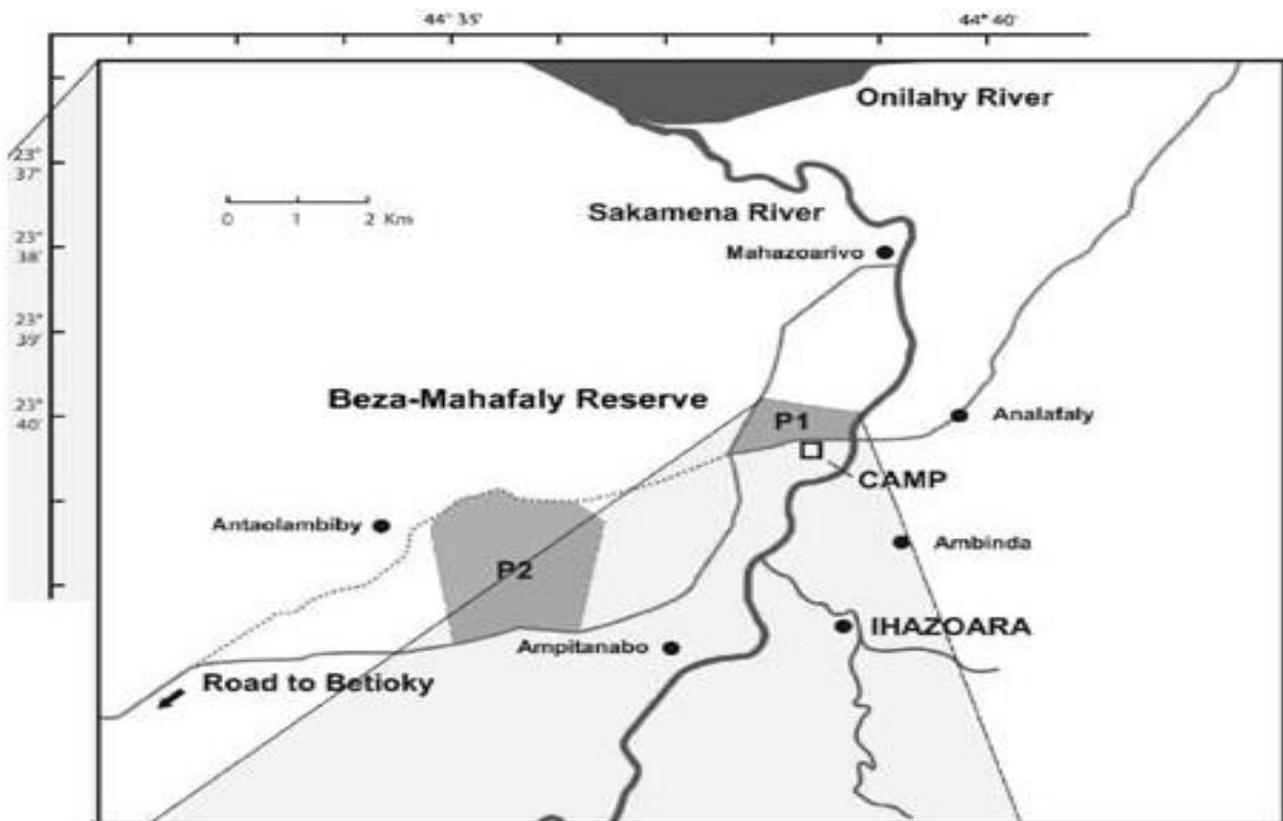
### ***1.2.3 Climat***

Cette région possède un climat de type semi-aride, marquée par deux saisons, une saison sèche et humide. Le climat de cette localité est de type semi-aride avec une température annuelle de 25°C en moyenne, avec une température maximale qui peut atteindre jusqu'à 45°C au mois de novembre. La région de Betioky Sud est exposée aux vents d'alizés du sud, nommés également « tsiokantimo », traversant du sud au nord durant l'hiver et du sud-est au sud-ouest pendant l'été, la pluviométrie annuelle est de 700 mm en moyenne, le régime pluvieux le plus

intense commence au mois de décembre jusqu'en février. Le site peut atteindre une humidité atmosphérique de 79% à 7 heures de la matinée et décroître jusqu'à 43% à midi (Ratsirarson, 2008).

#### *1.2.4 Site d'étude*

Le second site choisi pour cette étude est la parcelle 1 de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly qui se trouve à la partie Est de la réserve tout près de la rivière du Sakamena, du fait qu'il présente les groupes marqués pour effectuer les suivis. Il couvre une superficie d'environ 80 ha et protégé par des barbelés, afin de prévenir l'intrusion des troupeaux d'herbivores mais n'empêchant pas certainement le déplacement de la faune résidant le milieu.



**Figure 4.** Carte de localisation de la parcelle 1 de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly (Source : Jeffrey Kaufmann, Carte modifiée par Diane K. Brockman, Darren Godfrey, and Robert Dewar, 2008).

## II. MATERIELS ET METHODES

### II.1. Matériel biologique

#### II.1.1. Position systématique

Classification de *Propithecus verreauxi* selon Mittermeier et *al.*, en 2010 :

**Règne :** ANIMAL

**Embranchement :** VERTEBRES

**Classe :** MAMMIFERES

**Ordre :** PRIMATES

**Sous-ordre :** LEMURIFORMES

**Famille :** INDRIIDAE

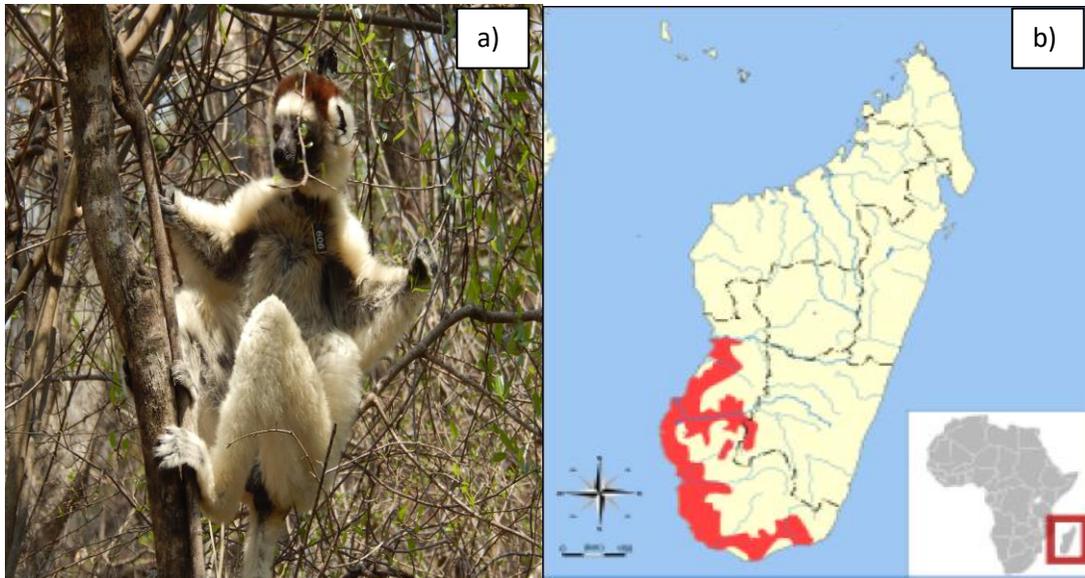
**Genre :** *Propithecus* (Benett, 1832)

**Espèce :** *verreauxi* (Grandidier, 1867)

**Nom vernaculaire :** Sifaka (en Malagasy), Verreaux's Sifaka (en anglais), Propithèque de Verreaux (en français)

#### II.1.2 Description et distribution géographique

*Propithecus verreauxi* compte parmi les plus grands des lémuriens, le pelage est épais et long de couleur entièrement blanche, sauf sur la zone frontale qui est couronnée par une couleur brun foncée. Le poids moyen d'un adulte est de 3525 g (Goodman et *al.*, 2008), la queue non préhensile, est plus longue que le tronc et la tête réunis et surtout utilisé comme balancier pour un équilibre lors des différentes activités. Généralement, arboricole elle se déplace dès fois par bipédie sur le sol qui leur vaut le surnom de « lémuriens danseurs ». Ces lémuriens sont adaptés à la présence humaine dans ses habitats naturels (Ratsirarson, 2008 et Sorg et *al.*, 2008 ). La distribution de cette espèce s'étend du sud-Ouest jusqu'au Sud de Madagascar. La rivière de Tsiribihina est considérée comme l'extrême limite du Nord-Ouest et la limite dans la partie Sud est juste proche de Tolagnaro. Concernant son statut, les sifaka sont inclus dans la liste rouge de l'IUCN du février 2013 où ils sont classés comme espèce vulnérable (VU), et comprises dans l'annexe I de la CITES



**Figure 5.** a) Photos de *Propithecus verreauxi* (Source : Manintsitaha Josée Doria RALISON) et b) Distribution de *Propithecus verreauxi* (en rouge) (Source : Mittermeier et *al.*, 2010).

### ***II.1.3 Biologie et écologie***

*Propithecus verreauxi* ou « sifaka » est une espèce de lémurien diurne vivant en groupe formé en moyenne par sept individus (Goodman et *al.*, 2008) Leur régime alimentaire est essentiellement composé de feuilles, de fleurs et de fruits selon la disponibilité, les feuilles sont les consommées durant la saison sèche et les fruits pendant la saison humide (Richard, 1977). La saison de reproduction prend place du mois de janvier jusqu’au mois de mars. Les femelles peuvent donner naissances généralement à l’âge de 5 à 6 ans (Mittermeier et *al.*, 2010) , le nombre maximal de portée des femelles gravides (en âge de se reproduire) est de deux par an, la durée de la gestation est de 162 à 170 jours (Goodman et *al.*, 2008), le bébé sifaka peut être complètement indépendant de sa mère après six mois depuis la naissance . *P. verreauxi* habite dans la forêt tropicale sèche et dans les forêts de montagne, incluant les bushes épineux, les forêts au bords d’un cours d’eau (Sussman et *al.*, 1987), mais cette espèce est aussi trouvée dans les forêts humides à basse altitude (Rasoarim anana, 2005). Elle possède un domaine vital variant de 4-20 ha selon le type d’habitat (Goodman et *al.*, 2008).

## II.2 Période d'étude et animal focal

L'étude effectuée dans la forêt de Kirindy a duré un mois et demi du 1er au 25 septembre 2014 puis du 10 jusqu'au 26 novembre. Celle de la RSBM a duré un mois du 3 septembre au 1er novembre 2014.

Le suivi a été effectué tous les jours de 7h30 jusqu'à 17 h chez seulement les mâles adultes (n=13) répartis dans huit groupes pour chaque site d'étude, en tout 16 groupes contenant 26 individus ont été suivis durant toute l'étude. Concernant les huit groupes, cinq sont composés chacun de deux mâles et les trois groupes restants formés chacun par un seul mâle. En effet, cette répartition est exactement identique pour CS7 et P1.

Tous les groupes de la CS7 ont servis d'objet d'étude, par contre dans la P1 le choix du groupe s'est surtout focalisé sur le nombre de mâle adulte disponible dans les groupes existants du site. Car la population de *Propithecus verreauxi* au niveau de la P1 forment 278 individus marqués qui sont compris dans 38 groupes sociaux, les 4-6 ha de chevauchement de territoire de ces différents groupes sociaux sont confinés dans la P1 (Brockman et al., 2009). Ceci dit que le nombre d'animal focal des groupes choisis pour la P1 est le même que celui du CS7. Néanmoins, on a pris en compte, des groupes plus ou moins éloignés. Le choix des individus s'est focalisé sur l'âge des individus (mâles > 3,5 an) où les individus ne présentent aucune différence de taille flagrante par rapport aux plus âgés (Fichtel et al., 2007).

**Tableau I.** Composition des groupes focaux de la forêt de Kirindy (CS7) et de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly (P1) durant le mois de septembre jusqu'en novembre

Date	Site	Groupe	Nombre de mâle étudié	Nombre des individus du groupe
3 octobre- 1 novembre	P1	Fanondrovery	2	10
		Felix	2	6
		Chocolat	2	4
		Saksud	2	7
		Nenibe	2	7
		Tsyemelia	1	3
		Papozy	1	5
		Didy	1	6
4-23 septembre 11-26 Novembre	CS7	C	2	3
		G	2	4
		J	2	5
		F1	2	3
		F	2	6
		E	1	4
		H	1	4
		L	1	3

Deux groupes différents ont été suivis durant une journée ainsi deux mâles la matinée et deux autres l'après-midi. La durée de chaque observation pour un individu était de 1h20 min. Après que tous les groupes ont été observés de la matinée et de l'après-midi. Les individus suivis lors de la première observation passent en deuxième (Tableau. II).

**Tableau II.** Protocole sur terrain pour la collecte des données

Heure d'observation	Durée d'observation	Type d'observation	1 <sup>er</sup> jour	2 <sup>ème</sup> jour	3 <sup>ème</sup> jour	4 <sup>ème</sup> jour	5 <sup>ème</sup> jour
07 :15-07 :25	10	1 <sup>ère</sup> observation de la fréquence de la vigilance	C1	J1	F <sub>1</sub> 1	L	F1
07 :30-8 :30	60	Observation du budget d'activité	C1	J1	F <sub>1</sub> 1	L	F1
08 :35-08 :45	10	2 <sup>ème</sup> observation de la fréquence de la vigilance	C1	J1	F <sub>1</sub> 1	L	F1
08 :50-09 :00	10	1 <sup>ère</sup> observation de la fréquence de la vigilance	C2	J2	F <sub>1</sub> 2		F2
09 :05-10 :05	60	Observation du budget d'activité	C2	J2	F <sub>1</sub> 2		F2
10 :10-10 :20	10	2 <sup>ème</sup> observation de la fréquence de la vigilance	C2	J2	F <sub>1</sub> 2		F2
13 :45-13 :55	10	1 <sup>ère</sup> observation de la fréquence de la vigilance	F1	G1	E	C1	J1
14 :00-15 :00	60	Observation du budget d'activité	F1	G1	E	C1	J1
15 :05-15 :15	10	2 <sup>ème</sup> observation de la fréquence de la vigilance	F1	G1	E	C1	J1
15 :20-15 :30	10	1 <sup>ère</sup> observation de la fréquence de la vigilance	F2	G2	H	C2	J2
15 :35-16 :35	60	Observation du budget d'activité	F2	G2	H	C2	J2
16 :40-16 :50	10	2 <sup>ème</sup> observation de la fréquence de la vigilance	F2	G2	H	C2	J2

## **II.3 Collecte des données**

Les données ont été collectées à partir de la méthode « animal focal sampling» (Altman, 1974). Deux méthodes ont été adoptées : l'observation instantanée et l'observation continue en fonction des types de donnée à fournir.

- **Observation instantanée**

Les données collectées à partir de ce type d'observation constituent ce qui est appelées échantillons de balayage (Crook & Blake, 1968). Cette méthode a été utilisée afin d'enregistrer toutes les 15 minutes pendant un temps déterminé de 60 minutes la hauteur utilisée par l'animal focal et la distance entre ce dernier et l'individu le plus proche.

Cinq niveau de stratification de la forêt ont été utilisés (Sussman, 1974) : H1 sur le sol (0 m) ; H2:1-3 m ; H3:4-7 m ; H4:8-15 m ; H5 > 15 m, en procédant à une estimation visuelle.

La cohésion du groupe s'est fait par estimation visuelle où la distance par rapport à l'individu le plus proche est enregistrée. Ces données par la suite sont classées par catégories N1 : 0-5 m ; N2 : 6-10 m et N3 > 10 m. Le nombre des individus dans un rayon de 5 m de l'animal focal a été également enregistré.

- **Observation continue**

L'observation continue est plus recommandée pour noter de rares événements (Altmann, 1974). Ainsi, pour l'enregistrement des données de la vigilance définie ici comme un hochement de la tête de 45° et plus, avec cessation de toutes autres activités de l'animal focal, et où le regard tourné vers son propre corps est exclu.

Un suivi de manière continue durant 10 minutes a été effectué, pour chaque individu les 10 minutes d'observations sont répétées deux fois pour un animal focal, la première au début de l'observation du budget d'activité puis le second à la fin (Tableau. II).

Le budget des activités entrepris par l'animal focal est également enregistré par observation continue durant un temps déterminé de 60 minutes. Pour l'analyse des données, la durée de

chaque activité est convertie en pourcentage (la durée d'une activité divisée par la durée totale de l'observation 60 minutes puis multipliée par 100). Dans les cas où les animaux focaux sont hors de vue durant 15 minutes un changement direct d'animal focal est adopté mais cela est un phénomène qui se produit rarement lors des suivis des individus de *Propithecus verreauxi* au niveau des deux sites.

Pour cette étude, les activités entreprises par l'animal focal sont catégorisées en dix composantes, dont chacune est bien délimitée et définie.

**Tableau III.** Définition des différents types d'activités entrepris par *Propithecus verreauxi*.

<b>Activité</b>	<b>Définition</b>
<b>Locomotion</b>	L'animal se déplace, par différents types de locomotion, d'un arbre à un autre, d'une branche à une autre ou d'un endroit à un autre.
<b>Alimentation</b>	Recherche de la nourriture depuis la cueillette jusqu'à la mastication
<b>Repos en alerte</b>	L'animal est inactif, assis ou couché, ou la tête entre le corps mais il peut aussi bouger pour changer de position.
<b>Repos non alerté</b>	L'animal est inactif, assis ou couché, ou la tête entre le corps mais il peut aussi bouger pour changer de position avec les yeux fermés.
<b>Agressivité</b>	Tout conflit entre individu du même groupe, impliquant les combats et les griffages, ou des grognements en montrant les dents.
<b>Conflits intergroupes</b>	Impliquent les rencontres entre groupes se manifestant par des combats ou par la fuite.
<b>Toilettage</b>	Inspection et manipulation oral ou manuelle du corps.
<b>Toilettage social</b>	Inspection et manipulation oral ou manuelle du corps par un autre membre du groupe ou vers un autre.
<b>Jeu</b>	L'individu entreprend un jeu avec un ou plusieurs membres du groupe.
<b>Autres</b>	Incluant les marquages de territoire par la glande

## II.4 Collecte des matières fécales

Les fèces pour l'évaluation du taux de glucocorticoïde ont été collectées directement après chaque défécation des individus en même temps que l'observation comportementale de la matinée (7h30-11h). Pour un individu trois échantillons ont été collectés pendant différentes sessions d'observations dont chacun est composé par cinq pièces de matière fécale, puis conservés dans 8 ml d'éthanol 80%, en somme 78 échantillons ont été collectés pour les 26 individus focaux dans les deux sites. L'identification de chaque individu, la date et l'heure de la collecte ont été notés sur chaque échantillon.

Les échantillons sont gardés à une température ambiante, et dans un endroit sombre jusqu'à son extraction.



**Figure 6 :** Collecte des matières fécales dans la forêt

## II.5 Analyse en laboratoire des matières fécales

L'extraction a été effectuée dans le laboratoire du centre de recherche de la forêt de Kirindy. Il est plus préférable de l'appliquée après chaque collecte. Les échantillons de la RSBM ont été extraits après plusieurs jours depuis la collecte. Elle consiste en priori à une homogénéisation de chaque échantillon à l'aide d'une tige métallique, après cela ils sont amenés sur un vortex VWR «lab dancer S40» durant 2 minutes. Ensuite, les échantillons ont été centrifugés en utilisant une centrifugeuse manuelle pendant au moins 2 minutes jusqu'à ce que les fèces forment un dépôt au fond du tube. Puis, 1ml du surnageant a été décanté dans un tube étiqueté par l'identité de chaque individu, la date et l'heure de la collection et le numéro de chaque échantillon. Finalement, le bord de chaque tube a été enveloppé par un parafilm afin de réduire une éventuelle évaporation. Les échantillons sont conservés dans un endroit froid et sombre jusqu'à son envoi en Allemagne pour l'analyse en laboratoire. Une récente étude a démontré que la conservation des fèces dans l'alcool durant une période de 9 mois n'a aucun effet évident sur le taux de GC chez *Propithecus verreauxi* (Fitchel, 2007). Ce mode de conservation représente une option viable pour la conservation des échantillons sur le terrain. Dans le cas où les échantillons présentent des variations sur la consistance à l'instar de la teneur en eau dans chaque échantillon, le poids sec a été noté puis comparé avec le poids humide des matières fécales. Il est à noter qu'après chaque extraction les fèces ont été séchées en plein soleil en laissant les tubes ouverts jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

L'analyse des échantillons ont été élaboré au niveau du laboratoire en Endocrinologie du DPZ en Allemagne. Les matières fécales pour ces espèces naturels sont finalement analysées dans le 3 $\alpha$ ,11 $\beta$ -dihydroxy-EIA (enzyme immunoassay) qui se base sur un test de l'ACTH et l'analyse de HPLC, ce type d'analyse est considéré comme le plus convenable pour l'évaluation de la production de glucocorticoïde chez les sifaka (Fichtel., 2007). Il est également possible de mesurer le métabolite cortisol 5 $\beta$ -réduit avec le 3 $\alpha$ ,11 $\beta$ -dihydroxy structure (Heistermann et *al.*, 2006) trouvé dans le surnageant, pour comparer le niveau de stress des sifakas dans deux sites d'études.

Pour faciliter la collecte des données, une fiche a été établie sous forme de tableau dans laquelle sont mentionnés la date, l'heure, le nom, la localisation et le groupe auquel appartient

l'individu focal (Annexe I).

Un membre de chaque groupe de sifaka de la forêt de Kirindy porte un radio émetteur, ainsi, pour la recherche des groupes, la radio-tracking a été utilisée pour détecter le groupe à étudier. Elle capte les ondes de fréquences émises par l'émetteur sur le collier de l'animal. L'appareil émet un signal sonore plus intense quand le groupe est de plus en plus proche. Toutefois, ceux de la RSBM ont été recherchés à l'aide d'une carte de territoire des groupes étudiés et aussi faciliter par la présence d'un assistant. L'identification des individus focaux par la suite est facilitée à l'aide des colliers sur chaque individu.

## **II.6 Analyse statistique**

Pour le traitement des données collectées, les logiciels Excel 2013, SPSS (21) et Rstudio ont été utilisés. Le premier logiciel sert ici pour le stockage des données sur terrain, les conversions et pour des représentations graphiques, le second et le dernier pour leur part servent à exécuter les tests statistiques entre les différents variables.

### ***II.6.1 Test de chi-deux ( $X^2$ )***

Les résultats issus de ce test prouvent si les variables sont significativement différentes ou non selon le p-value obtenu. Le test de  $X^2$  n'est valable que si 20% ou plus des effectifs théoriques sont inférieurs à 5. Dans cette étude, ce type de test est utilisé pour savoir s'il y a une éventuelle différence significative sur l'utilisation des strates occupées par l'espèce étudiée, et aussi sur la distance de l'individu le plus proche de l'animal focal entre la forêt de Kirindy et de la RSBM.

### ***II.6.2 Test-U de Mann-whitney et t test***

Le type de test est choisi selon la distribution des données que ce soit paramétrique (t test) ou non paramétrique (Mann-whitney) après un test de normalité. Pour la comparaison de la vigilance entre les deux sites ce type de test a été effectué afin d'en conclure si il 'y a une différence significative. Ce test s'impose également afin de déterminer s'il existe une différence significative entre le budget d'activité entre les sites d'études. Ce test est basé sur l'hypothèse nulle  $H_0$  qui stipule qu'il n'existe aucune différence significative entre les deux sites que ce soit

sur la vigilance que sur la comparaison du budget d'activité.

### ***II.6.3 Test de Kruskal wallis***

Ce test est appliqué dans le but de savoir s'il existe une éventuelle différence significative du taux de la vigilance entre les individus du même site.

### ***II.6.4 Modèle linéaire généralisé (GLM)***

Ce modèle est approprié dans le but de savoir si les hauteurs occupées et la cohésion des membres d'un même groupe et le nombre des individus à une distance inférieurs de 5 m (variables catégorielles) influencent sur le degré de la vigilance (variables continues et dépendants pour chaque site donnée. Il est également applicable pour connaître s'il subsiste une corrélation évidente entre la taille du groupe et la fréquence du comportement de vigilance des individus focaux.

### ***II.6.5 Modèle linéaire mixte (LMM)***

Ce modèle est utilisé pour savoir s'il existe une différence significative entre la concentration du GC au niveau de la forêt de Kirindy et de la RSBM. Et s'il existe une corrélation entre les différentes activités (toiletage et agressivité) pouvant influencer sur le 3 $\alpha$ ,11 $\beta$ -dihydroxy-CM (ng/g poids sec) ou précisément le taux du GC.

La valeur  $\alpha = 0,05$  est considérée dans ces tests comme niveau de signifiante, dans le cas où la valeur du p-value est inférieur ou égale à 0,05, il existe une différence significative entre les variables testés, sinon si p-value est supérieur à 0,05, aucune différence significative est notée entre les variables. Si le test n'est pas significativement différent l'hypothèse nulle  $H_0$  qui stipule aucune différence est retenue.

### III. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

#### III.1 Etude du comportement de vigilance

##### III.1.1 Etude de la vigilance individuelle

Au niveau de la CS7, il existe des variations individuelles évidentes de la fréquence de la vigilance entre les individus focaux, celle de Tenali est la plus élevée et celle de Sapporo constitue la valeur minimale (Tableau IV).

Au niveau de la P1, le numéro 513 montre une fréquence de vigilance la plus élevée et l'individu 703 possède la plus faible (Tableau V), des variations individuelles sont également aperçues pour ces individus.

**Tableau IV.** Moyenne et écart-type de la fréquence de la vigilance durant une observation de 10 minutes pour chaque individu au niveau de la CS7 de la forêt de Kirindy, Morondava.

Individu	Fréquence de la vigilance Moyenne $\pm$ Ecart-type
Kansas	35,28 $\pm$ 21,31
Texas	26,92 $\pm$ 15,27
Marojejy	27,28 $\pm$ 17,98
Francisco	34,07 $\pm$ 21,84
Zurich	30,28 $\pm$ 11,95
Kyushu	37,56 $\pm$ 19,36
Montreal	24,93 $\pm$ 16,67
Sendai	28,5 $\pm$ 21,28
Albury	25,12 $\pm$ 14,94
Bochum	28,43 $\pm$ 13,63
Tenali	45 $\pm$ 18,10
Mafybe	37,68 $\pm$ 23,33
Sapporo	23,62 $\pm$ 18,89

**Tableau V.** Moyenne et écart-type de la fréquence de la vigilance de 10 minutes pour une observation de chaque individu focal dans la P1 de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly.

Individu	Fréquence de la vigilance Moyenne $\pm$ Ecart-type
703	24,81 $\pm$ 17,27
568	28,87 $\pm$ 14,09
719	31,81 $\pm$ 14,66
513	44,25 $\pm$ 23,63
586	29,81 $\pm$ 17,18
445	32,5 $\pm$ 20,90
578	31,33 $\pm$ 24,23
606	31,31 $\pm$ 15,46
439	34,25 $\pm$ 16,46
634	43 $\pm$ 21,34
451	37,43 $\pm$ 22,79
427	31,85 $\pm$ 18,79
591	34,57 $\pm$ 14,88

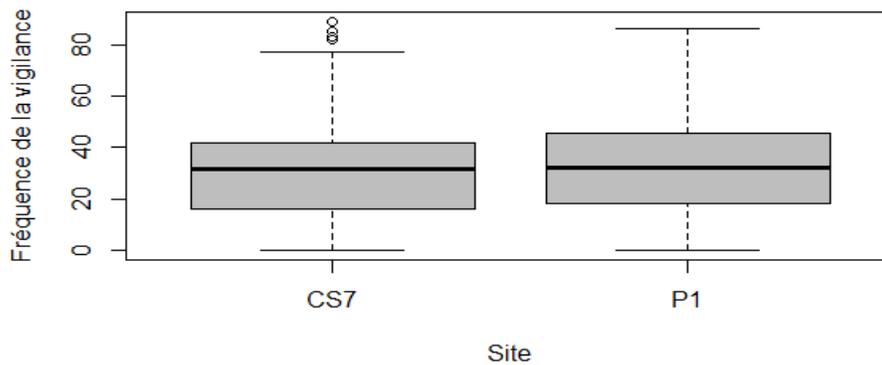
Selon la prédiction mentionnée auparavant, le test de différence effectué, a montré qu'aucune différence significative du comportement de vigilance n'est aperçue entre les individus focaux ni au niveau de la CS7, avec exactement des valeurs (Kruskal-wallis ;  $df= 12$  ;  $p= 0,08$ ), ni au niveau de la P1 (Kruskal-wallis ;  $df= 12$  ;  $p= 0,432$ ). Tous les individus de chaque site possèdent les mêmes fréquences de vigilance, aucune variation individuelle n'est adoptée par les sujets tout au long de l'étude. Ce comportement ne diffère pas également entre les groupes de chaque site.

### ***III.1.2. Comparaison de la fréquence de la vigilance entre les deux sites d'études***

L'étude de la vigilance sur les mâles adultes au niveau de la CS7 et de la P1 d'une durée d'observation de 68 heures durant la saison sèche montre que la fréquence de la vigilance au niveau de la CS7 est un peu inférieure à celle de la P1 (Tableau VI). Toutefois après avoir effectué le test de différence, il a pu en sortir qu'il n'existe aucune différence significative entre les deux sites d'études (Mann-Whitney ;  $U\text{-test}= 19179$  ;  $p= 0,198$ ).

**Tableau VI.** Valeur moyenne et écart type de la fréquence de la vigilance (durée de 10 minutes) au niveau de la CS7 de la forêt de Kirindy et de la P1 de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly

Site	Fréquence de la vigilance Moyenne $\pm$ Ecart-type
CS7	31,01 $\pm$ 18,79
P1	33,54 $\pm$ 19,08



**Figure 7.** Fréquence de la vigilance entre les deux sites (CS7 ; n= 13 et P1 ; n= 13) pendant la saison sèche.

### ***III.1.3. Vigilance et taille du groupe***

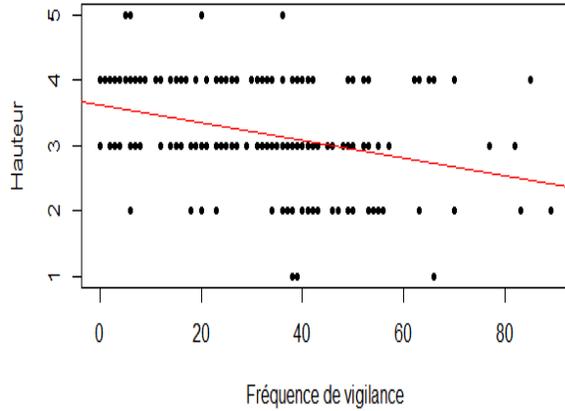
Les groupes au niveau de chaque site ont été classés par taille, petit (3-4 individus), moyen (5-6 individus) et pour la RSBM il existe en plus un autre taille plus grand (7-10 individus). Contrairement à la prédiction de « l'effet de plusieurs yeux » sur le degré de la vigilance, l'analyse statistique par un test de corrélation n'a révélé aucun lien entre la taille du groupe et la fréquence de la vigilance (GLM ; CS7 :  $t= 1,085$  ;  $p= 0,28$ / P1 :  $t= 0,298$  ;  $p= 0,766$ ).

### ***III.1.4. Vigilance et disposition spatiale***

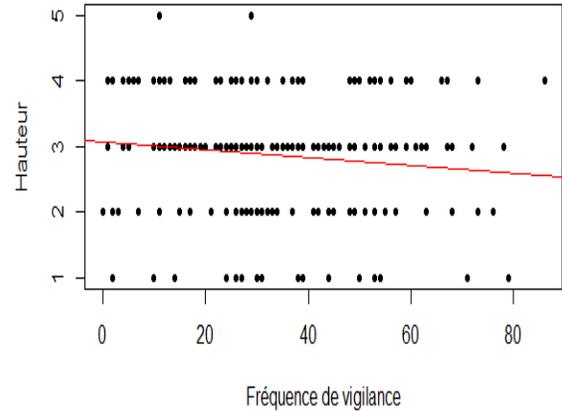
Selon le test de corrélation par régression linéaire, il existe une forte corrélation entre le facteur hauteur et la fréquence de la vigilance pour la CS7 que pour la P1. On peut constater que le niveau de stratification utilisé par l'animal est corrélé négativement avec la fréquence de la vigilance, ceci dit, plus l'espèce occupe une strate à basse niveau plus elle augmente de vigilance et tend à diminuer en augmentant d'hauteur (GLM ; CS7 :  $t = -4,831$  ;  $p < 0,001$  / P1 :  $t = -1,78$  ;  $p = 0,076$ ) (Figure. 6). A propos de la distance par rapport à l'individu le plus proche, il existe une corrélation positive entre la fréquence de la vigilance et la distance ce qui signifie que la vigilance devient de plus en plus prononcée quand les individus s'éloignent du groupe (Figure. 7). Toutefois cette corrélation est plus évidente au niveau de la CS7 (GLM ; CS7 :  $t = 6,450$  ;  $p < 0,001$  / P1 :  $t = 2,073$  ;  $p = 0,039$ ) (Figure. 12) où les individus sont très vigilants au fur et à mesure de l'éloignement des autres membres du groupe.

### ***III.1.5 Vigilance et le nombre d'individus inférieur à 5 m de l'animal focal***

Au niveau de la CS7 il existe une forte corrélation négative entre la fréquence de la vigilance et le nombre d'individu dans un rayon de 5m de l'animal focal. Par ailleurs, cela ne subsiste pas au niveau de la P1 (GLM ; CS7 :  $t = -5,149$  ;  $p < 0,001$  / P1 :  $t = 0,132$  ;  $p = 0,895$ ). Lorsque le nombre des individus aux alentours des individus focaux dans la forêt de Kirindy diminuent ; en même temps le taux de la vigilance de *P. verreauxi* augmente. Par ailleurs, cette corrélation est inexistante au niveau de la RSBM.

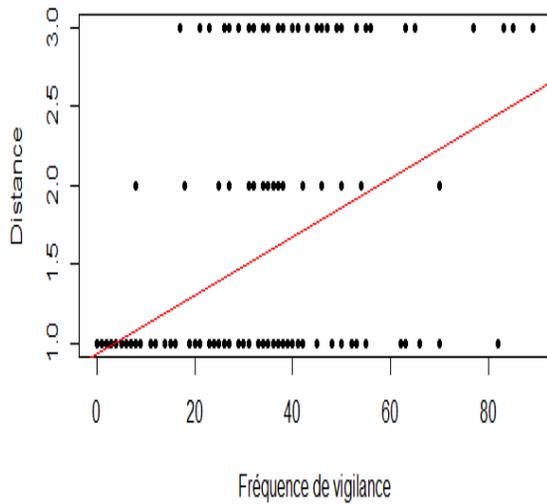


CS7

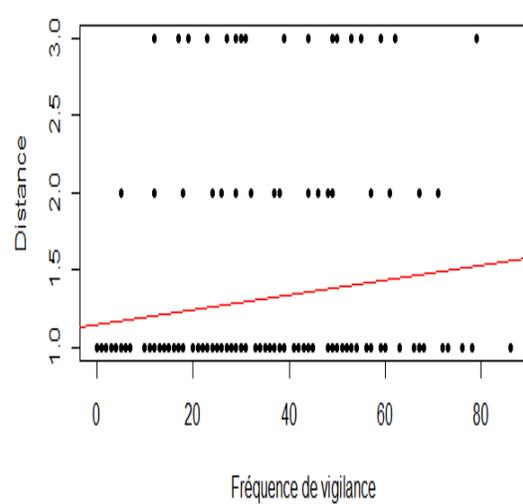


P1

**Figure 8.** Corrélation de la fréquence de la vigilance en fonction de la hauteur utilisée par *P. verreauxi* dans les deux sites d'études durant les 68 heures d'observations.



CS7

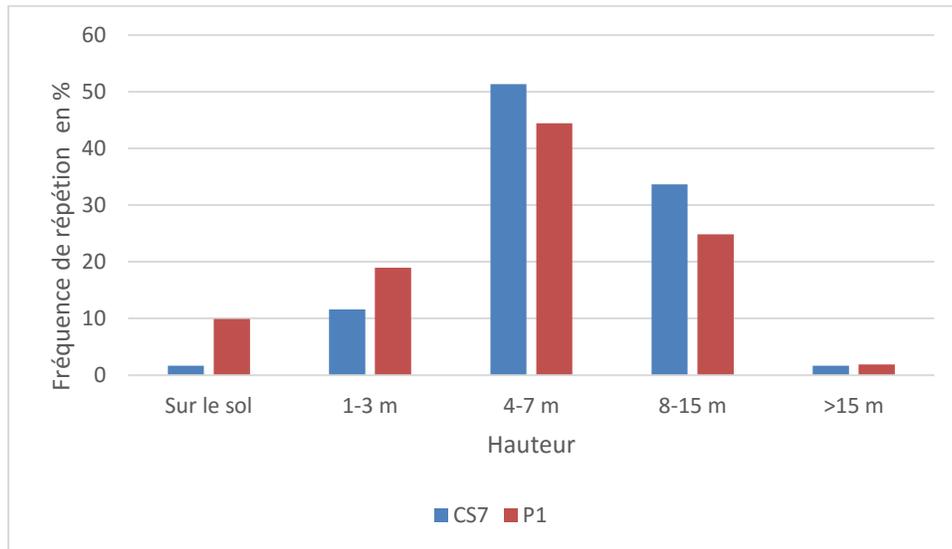


P1

**Figure 9.** Corrélation de la fréquence de la vigilance par rapport à la distance de l'individu le plus proche de l'animal focal.

## III.2 Distribution spatiale

### III.2.1 Hauteur occupée par les individus focaux

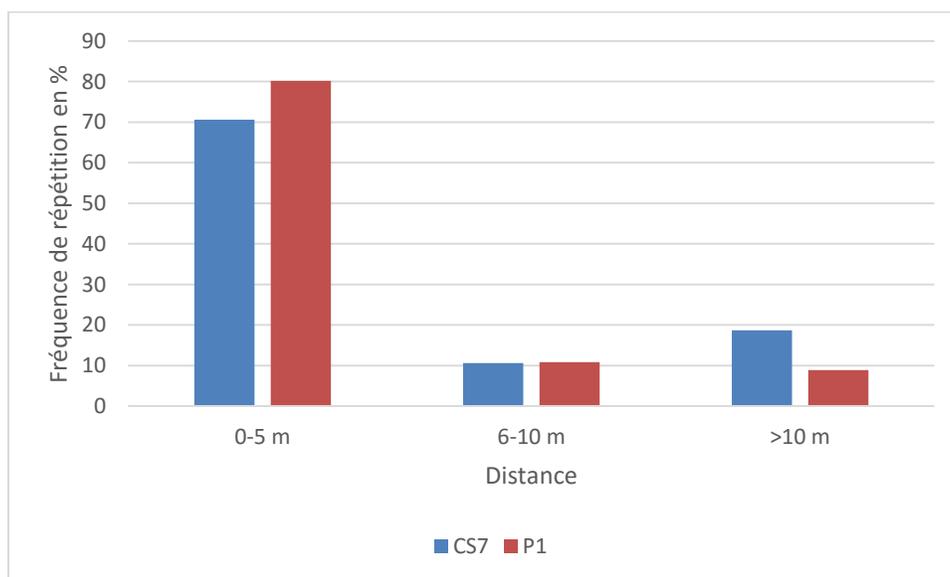


**Figure 10.** Variation de la hauteur utilisée par *Propithecus verreauxi* dans deux sites d'études (CS7 et P1) pendant la saison sèche.

Selon les résultats *Propithecus verreauxi* préfère les niveaux H3 (4-7 m) et H4 (8-15m) durant les périodes d'observation dans les sites CS7 et P1. Mais la fréquentation de ces niveaux est plus supérieure pour la CS7, la fréquentation du niveau H3 est de 50% par rapport aux autres niveaux. Par contre le niveau H1 (sur le sol) est plus utilisé par cette espèce au niveau de la P1 que pour celui de la CS7 avec une différence significative (Mann-whitney ; U-test= 31,5 ; p= 0,005) les autres niveaux en revanche ne présentent guère de différence significative entre les deux sites CS7 et P1. Les individus sont plus terrestres au niveau de la P1 avec une fréquence de 10% d'utilisation du sol contrairement à ceux de l'autre site qui évitent la fréquentation de ce niveau. Concernant le niveau le plus supérieur, chaque individu des deux sites évite pour la plus part du temps cette strate.

### III.2.2 Arrangement spatiale par rapport à l'individu le plus proche

D'après le graphe (Figure 10) les propithèques ne s'éloignent pas beaucoup de leurs voisins pendant les activités entreprises par chaque individu. La distance entre 0 et 5 m a une fréquence d'occurrence élevée dans les deux sites (CS7= 70% et P1= 80%). Par contre le fait où les individus s'éloignent de leurs proches de 5 m et plus, pour la CS7 et la P1 est de moins de 10%. Toutefois, aucune différence significative n'est aperçue entre l'arrangement spatiale des individus des deux sites (N1 : t.test= -2,0253 ; df= 23,538 ; p= 0,054 / N2 : Mann-whitney ; U-test= 61 ; p= 0,235 / N3 : Mann-whitney ; U-test= 100,5 ; p= 0,424). Ainsi les deux sites ont la même tendance et sont plutôt soudés et ne se perd généralement pas de vue les uns des autres.



**Figures 11.** Graphe présentant la distance des individus par rapport à leur voisin le plus proche entre les deux sites d'études.

### III.3. Etude du budget d'activité

#### III.3.1 Budget d'activité pour chaque sites d'études

Pour les 202 heures d'oservations du budget d'activité pour les deux populations de *Propithecus verreauxi*, les résultats qu'affichent le tableau ci-dessous (Tableau .) mettent en exergue l'activité de cette espèce , et c'est surtout l'alimentation (CS7= 49% et P1= 47%) et le repos (CS7= 35%,P1= 34% ) qui prédomine , avec un déplacement seulement de 8% pour les deux sites. Les autres activités par contres sont tellement moindres dans chaque site, toutefois le jeu est inexistant au niveau de la CS7 mais pratiqué dans l'autre site.

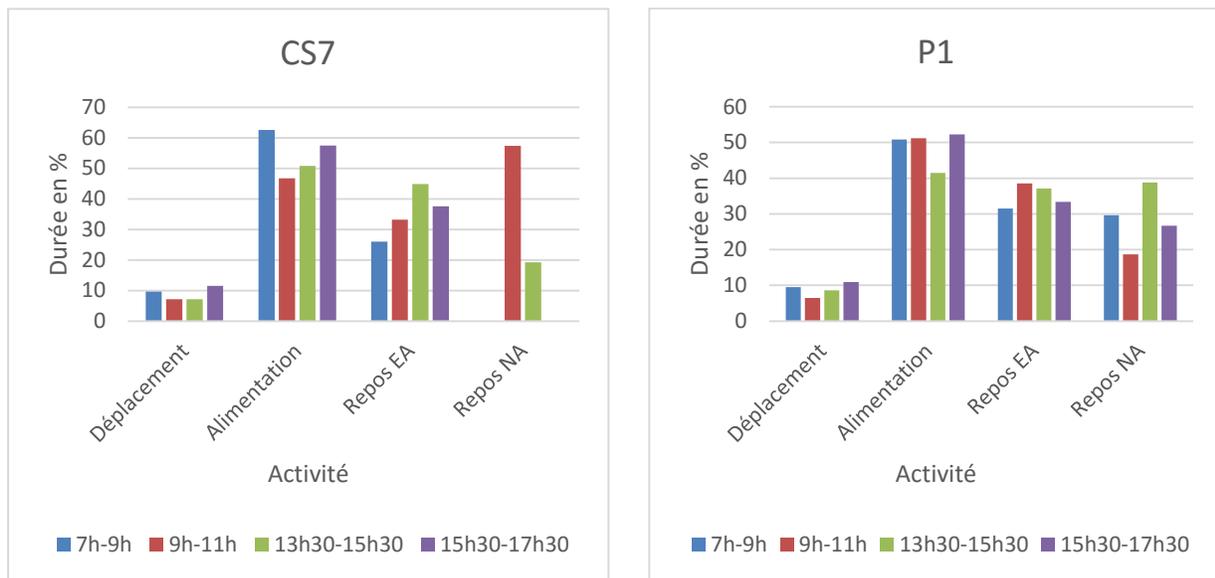
**Tableau VII.** Pourcentage des activités de *Propithecus verreauxi* au niveau de la forêt de Kirindy (CS7) et de la réseve Spéciale de Beza Mahafaly (P1) durant une période d'étude de 60 jours pendant la saison sèche.

Activité	CS7 (%)	P1 (%)
Alimentation	48,71	47,15
Déplacement	7,57	8,45
Repos en alerte	34,59	33,82
Repos non alerté	7,30	4,30
Toilettage	1,43	4,14
Jeu	0	0,87
Agressivité	0,03	0,02
Conflits intergroupes	0,05	0,10
Autres	0,27	1,09

#### III.3.2. Rythme journalier du budget d'activité pour chaque site d'étude.

Au niveau de la CS7, le déplacement ne varie pas tout au long de la journée. Concernant l'alimentation, les individus se nourrissent beaucoup juste au début du commencement de la journée par rapport aux autres temps de la journée puis diminue à partir de 9 heures. Les sifakas restent en repos en alerte plus fréquemment entre 13h30 et 15h30 et en repos non alerté entre 9 heures et 15h30. Cependant, le pic de cette activité est compris entre 9 et 11 heures.

Dans la P1, le déplacement est gardé constante au cours de la journée entière, différemment pour le cas de l'alimentation qui présente une légère inclinaison de 10% de cette activité entre 13h30 et 15h30 puis redevient stable. Les propithèques de cette zone pratique le repos alerté et non alerté tout au long des heures de la journée, mais le repos non alerté est généralement bas entre 9 et 11 heures.



**Figure 12.** Présentation des variations journalières des activités (déplacement, alimentation, repos EA : en alerte, repos NA : non alerté) des propithèques au niveau de chaque site d'étude.

### III.3.3. Variation du rythme journalière du budget d'activité entre la P1 et la CS7

La tendance du rythme de l'alimentation est exactement la même entre les deux sites d'études avec une diminution de 10% du rythme entre 13h30 et 15h30. Il existe une augmentation du déplacement à la CS7 de 7 heures jusqu'à 15h30 en revanche cette activité pour sa part au niveau de la P1 les sifaka possèdent une constance tout au long de la journée. Les individus de la forêt de Kirindy n'effectuent le repos non alerté qu'à partir de 9 heures et 11 heures, avec une différence de 40% de celui de la RSBM à cette heure là, puis entre 13h30 et 15h30 mais à de faible durée. Ces courbes montrent une grande variation journalière de l'activité

repos non alerté de la CS7 et que cette activité semble être appliquée de préférence entre 9 heures et 11 heures. La tendance de cette activité à la CS7 s'oppose à celle de la P1 qui tend à décroître pendant que celle de l'autre site culmine jusqu'à atteindre un pic lors du gamme horaire de 9 à 11 heures. Puis tend à diminuer lorsque celle de la P1 augmente (Figure. 15).

### ***III.3.4 Comparaison du budget d'activité entre les deux sites d'études***

Le tableau ci-dessus montre que l'alimentation, le déplacement, le toilettage et le toilettage social et les autres activités au niveau de la P1 est plus supérieures par rapport à l'autre site. Sinon, les autres sont presque les mêmes.

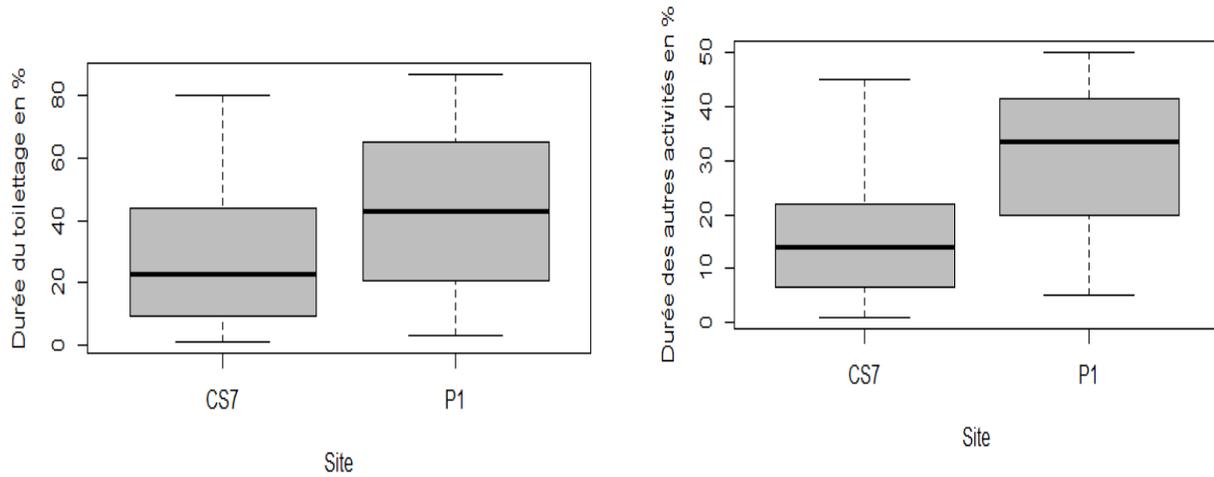
**Tableau VIII.** Valeurs des moyennes et des écart-types des différentes activités pour les deux sites d'étude la CS7 et la P1

Activité	Site	
	CS7	P1
	(Moyenne ± Standard déviation)	
Alimentation	44,16 ± 25,59	47,89 ± 27
Déplacement	44,03 ± 25,04	45,46 ± 25,59
Repos en alerte	49 ± 28,14	49,52 ± 27,91
Repos non alerté	7,5 ± 4,18	7,5 ± 4,18
Toilettage	16,5 ± 10,16	33,05 ± 19,38
Toilettage social	11,56 ± 6,79	20,97 ± 12,22
Jeu	0	3,5 ± 1,87
Agressivité	3,1 ± 2,28	3,29 ± 2,25
Conflits intergroupes		2 ± 1
Autres	9,57 ± 5,19	16,19 ± 9,36

D'après les tests statistiques effectués avec le test de Mann-whitney pour tester s'il existe une différence significative entre les diverses catégories d'activités, a montré qu'aucune différence significative subsiste par rapport à ces catégories d'activités entre les deux sites que seulement pour deux activités qui sont le toilettage (Figure. 13) et les autres activités ou plus précisément les marquages de territoire et les vocalisations (Figure. 14) où elles sont plus fréquentes au niveau de la P1 (Tableau. IV). Ces individus se nettoient et font des activités à part plus fréquemment au niveau de la RSBM à l'opposé des individus de la forêt de Kirindy.

**Tableau IX.** Résultats de l'analyse des différences sur les activités entreprises par les sifaka entre les sites CS7 de la forêt de Kirindy et P1 de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly

Alimentation	U-test= 4997,5 0,06	p=
Locomotion	U-test= 4696 0,06	p=
Repos en alerte	U-test= 5083 0,56	p=
Repos non alerté	T-test= 1.4534      df= 25.999	p= 0,15
Toilettage social	U-test= 444,5 p=0,11	
Toilettage	U-test= 1086 <b>0,001</b>	p=
Agressivité	U-test= 20 0,24	p=
Autres	T-test= -4,4368      df= 39,511	p=
	<b>0,000</b>	



A

B

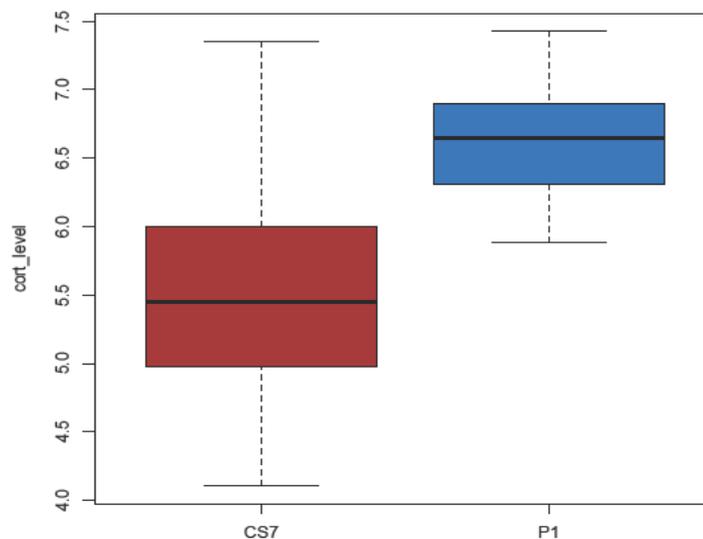
**Figure 13. A.** Comparaison du temps alloué au toilettage au niveau de la forêt de Kirindy (CS7)

et de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly durant la fin de la saison sèche montrant une différence significative avec une valeur de  $p=0,001$ .

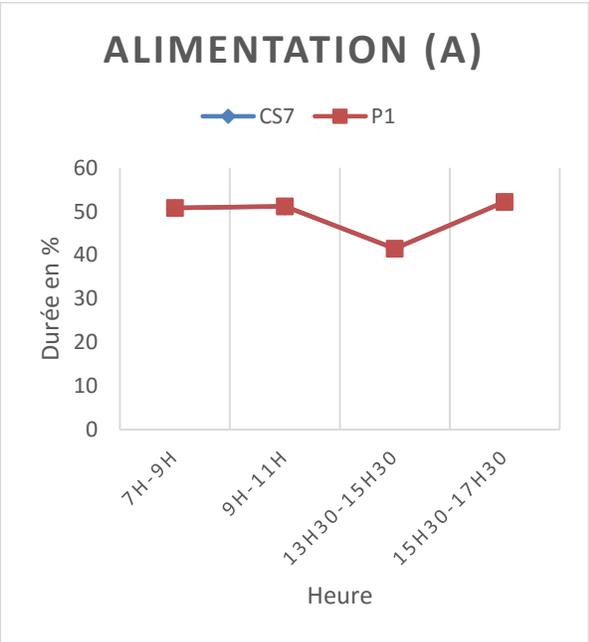
**Figure 14.B.** Comparaison de la durée des autres activités entre les deux sites d'études, CS7 de la forêt sèche de Kirindy et de la parcelle 1 de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly, avec une différence hautement significative  $p<0,001$ .

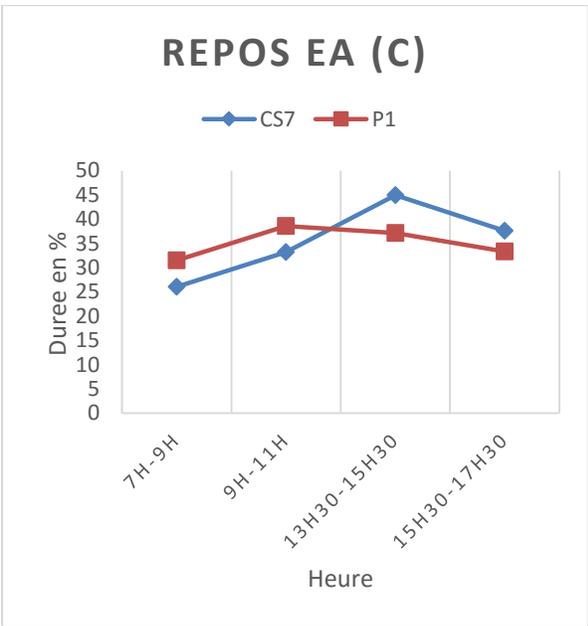
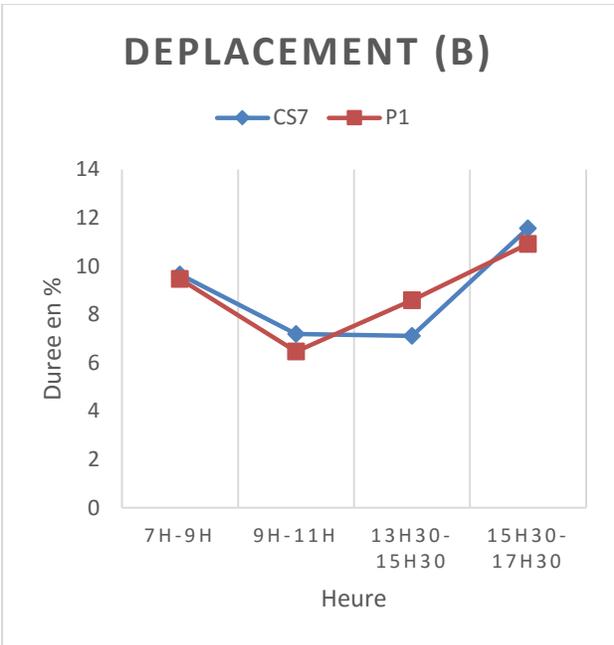
### III.4. Etude du taux de glucocorticoïde

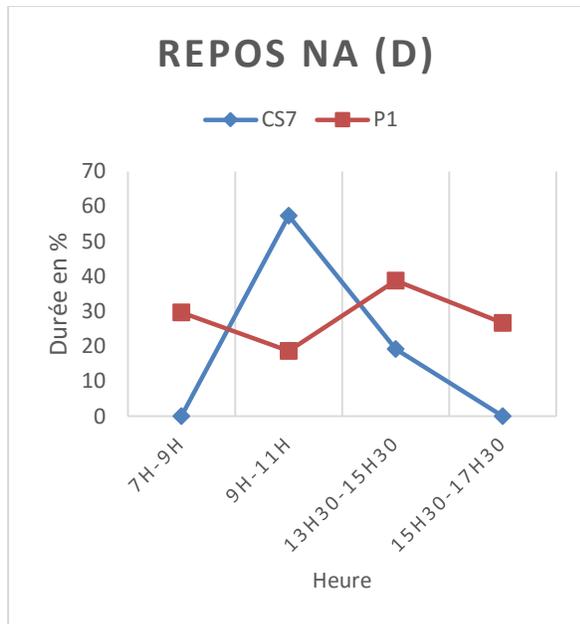
Suivant la collecte de 78 échantillons de matières fécales pour les 26 individus, l'analyse hormonal a révélé qu'il existe une différence significative entre le taux du GC au niveau des deux sites d'études. Le taux du GC dans la P1 de la RSBM est significativement élevé par rapport à celui de la CS7 de la forêt de Kirindy après avoir effectué le modèle linéaire avec une concentration de GC transformée en logarithme (Log) (LMM ;  $t=3,984$  ;  $p<0,001$ ). Selon ce même modèle, il a pu en sortir que la concentration en GC est fortement influencée par la durée des agressions (LMM ;  $t=-2,526$  ;  $p=0,01$ ), Par contre, cette corrélation ne subsiste pas pour le temps passé au toilettage (LMM ;  $t=-0,733$  ;  $p=0,47$ ). Par ailleurs, la durée de l'agression ne présente aucune différence significative entre les deux sites (Tableau IX).



**Figure 15.**Taux du glucocorticoïde du *Propithecus verreauxi* entre la CS7 de la forêt de Kirindy et la P1 de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly







**Figure 16.** Variation journalière du budget d’activité durant la fin de la saison sèche du mois de septembre jusqu’en novembre 2014 de la CS7 de la forêt sèche de Kirindy et de la parcelle 1 de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly.

(A : Alimentation, B : Déplacement, C : Repos en alerte, D : Repos non alerté)

## IV.DISCUSSIONS

### IV.1 Etude de la vigilance, distribution spatiale et cohésion du groupe

D’après les résultats obtenus aucune variation individuelle n’est notée au niveau des individus des sites d’études. Cela confirme le partage du comportement de vigilance au sein de chaque groupe. Ce comportement anti-prédateur est important afin d’éviter le plus possible la rencontre avec les prédateurs. Toutefois, il peut altérer le rythme d’activité de chaque individu, ainsi le partage de la vigilance peut être bénéfique pour chacun des individus dans le balancement des coûts et bénéfices en termes d’énergie. Selon Hamilton (1971) la cause de la formation des groupes sociaux est la protection contre la prédation. Il se peut de même que cette variation n’est évidente qu’après une attaque des prédateurs qui n’a pas eu lieu au moment des observations sur terrain.

D'après les analyses, aucune différence n'est constatée entre la vigilance dans les deux sites d'études durant la saison sèche. Il semble que la fréquence de la vigilance ne peut pas prévoir le risque de la prédation dans un milieu donné et que la vigilance est un comportement adaptatif des individus par rapport à son environnement et à sa perception du risque. Une étude similaire a été faite au niveau du parc national de Ranomafana où aucune différence de vigilance entre deux sites ayant une pression de prédation différente sur *Propithecus edwardsi* n'a été rapportée. Il se peut également que les individus de ces deux sites différents adaptent leurs vigilances à la perception du niveau du risque dans leurs habitats respectifs (Kotschwar, 2010). L'adaptation des oiseaux et des mammifères à la prédation a accentué le rôle complexe qu'entraîne le danger dû à la prédation, qui avait joué un rôle dans la modification direct du comportement tel le choix de l'habitat pour éviter une éventuelle détection des prédateurs, le degré et le type de vigilance (Caro, 2005). En ce qui concerne *P. verreauxi* le degré de la vigilance ne reflète pas le niveau de risque de prédation des sites.

Toutefois, l'adaptation semble être visible sur l'occupation de la strate qui leur est offerte. Chez les primates, les stratégies du comportement anti-prédatrices sont ajustées avec les différentes structures des habitats (Enstam, 2007). En effet, les individus de la CS7 et de la P1 pour mieux éviter les prédateurs passent, la plus part de leur temps à une strate plus élevée (4 à 7m). Encore que les propitèques de la CS7 évitent le niveau de stratification basse où ils sont très vulnérables à l'attaque des prédateurs. Campbell et *al.*, (2005) confirme le fait que le choix de la canopée est lié à la prédation. Leurs études ont montré qu'*Atles spp.* évite le sol dans un site à pression de prédation élevée. Même si, Crompton et ses collègues (2007) ont argumentés le fait que le mode de locomotion par le saut est avantageux lors d'une éventuelle attaque de prédateur grâce à la facilité de changer brusquement de direction même au niveau du sol ou à des niveaux de stratification bas. Mais cependant, comme le fosa est un excellent grimpeur (Garbutt, 1999), cette espèce étant arboricole est plus apte et plus rapide à échapper aux prédateurs en sautant d'arbre en arbre à des niveaux plus adaptés à ce type de locomotion qui est très avantageux pour l'espèce, du fait que la capacité de changer rapidement de direction pourrait être très efficace à certains niveau. De plus, d'après les résultats obtenus au niveau de la stratification, le niveau 4 à 7 m est la plus utilisé par cette espèce, et où le taux de la vigilance décroît, ainsi il se peut qu'il y ait optimisation sur le coût et le gain en énergie. Comme la fréquence de la vigilance est corrélée négativement avec la hauteur utilisée par les individus (Figure. 6). L'occupation d'un niveau

élevé est une autre forme d'adaptation qui leurs offrent ainsi du temps pour d'autres activités plus bénéfiques tels l'alimentation sans pour autant être exposé à la prédation.

Contrairement à ces constats au niveau de la CS7 les individus de la P1 occupent tous les espaces qui leurs sont offerts, ils sont plus terrestres que ceux de la CS7. Des études antérieures ont démontré également que *Propithecus verreauxi* résidant la RSBM apparait beaucoup plus terrestre que ceux des autres parties de Madagascar, et plus vulnérable à la prédation du chat sauvage, ce dernier étant le prédateur actif de *P. verreauxi* durant la saison sèche (Brockman et al., 2008). Ce fait semblerait augmenter le niveau de vigilance de cette espèce dans la RSBM, d'autant plus que le degré de vigilance est lié à la hauteur occupée par les individus. Ces derniers doivent se méfier de leurs prédateurs potentiels qui sont des prédateurs terrestres du faite qu'il passe beaucoup de temps sur le sol contrairement à l'espèce de la CS7 qui est rarement observée à ce niveau tout au long des observations sur terrain. Des faits semblables ont été notés sur les Makis (*Lemur catta*) de la RSBM (Gould & Sauther, 2007), sur les Gidro (*Eulemur fulvus rufus*) de la forêt de Kirindy (Rasolofoson, 2002) et sur les singes brown capuchins (*Cebus apella*) (Hirsch, 2002) où ils montrent beaucoup de vigilance au niveau du sol par rapport aux autres niveaux

Ce choix sur la structure de l'habitat entre les deux populations semble indiquer que les individus de la CS7 perçoivent plus de risque à la prédation que ceux de la P1. D'un autre point de vue, comme les propithèques de la P1 sont plus terrestres que ceux de la CS7, les sifaka de la forêt de Kirindy devraient être moins vigilants, en tenant compte de la relation vigilance-hauteur car ils n'occupent que rarement le sol. Cependant le taux de la vigilance entre ces deux sites ne présente aucune différence significative, en d'autres termes les groupes de la CS7 sont plus vigilants par rapport à ceux de la RSBM. De plus, d'après l'analyse effectuée, la vigilance des individus de la CS7 a pour principale fonction anti-prédatrice. De ce fait, les *Propithecus verreauxi* de la forêt de Kirindy perçoivent un risque de prédation plus élevé. Un autre cas pourrait être pris en compte concernant le taux de la vigilance des sifaka de la P1, même si aucune corrélation n'existe entre la taille du groupe et le nombre d'individus autour de chaque animal focal pour ainsi définir la fonction de la vigilance au niveau de cette localité. Il se pourrait qu'elle ait comme un rôle de social monitoring du fait que les sifaka font face à plusieurs rencontres intergroupes dans la RSBM durant les observations qui occasionnent éventuellement

beaucoup plus de vigilance vis-à-vis des autres groupes alors que ces rencontres sont rares dans la forêt de Kirindy durant toute les observations. D'après des études effectuées auparavant le social monitoring à part le comportement anti-prédateur, peut influencer sur la fréquence de la vigilance, ainsi ce fait pourrait avoir eu une altération au niveau de la fréquence de la vigilance des propitèques de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly.

La cohésion entre les individus au sein des groupes sociaux des deux sites est maintenue durant toute l'étude, l'augmentation de cette cohésion est bénéfique pour les propitèques afin d'atténuer le risque à la prédation au niveau de chaque habitat. La diminution de cette cohésion pourrait affecter sur le partage de la vigilance ainsi pourrait augmenter le risque de prédation, Bertram (1978) confirme aussi ce constat.

## **IV.2 Budget d'activité**

La durée des activités entreprise par cette espèce dans la forêt de Kirindy et de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly présente presque une similarité avec quelque exception durant la saison sèche, principalement dominé par l'alimentation et le repos, des rares déplacements sont aussi aperçus. Les résultats n'ont montré aucune diminution des certaines activités telles l'alimentation ou une augmentation du temps à l'inactivité au niveau de la CS7 contrairement à la prédiction sur la durée de l'alimentation. Toutefois, le budget des activités ne semble pas être influencé au risque de prédation mais plutôt à une autre circonstance qui est la disponibilité en nourriture alors que l'effet du risque de prédation se manifeste souvent à un changement au niveau de l'alimentation et réduit ainsi de suite la source d'énergie (Creel & Chritianson, 2008). Certes, ces résultats pourraient être une adaptation à la rareté en nourriture durant la saison sèche ainsi *Propithecus verreauxi* balance le coût de la prédation et du fait de gagner de l'énergie pendant cette période. Toutefois, les proportions de temps allouées au déplacement, à l'alimentation et au repos, lors d'une étude antérieure sur cette même espèce au niveau de la forêt sèche de Kirindy (Norscia et al, 2006) montrent une similarité avec cette étude. D'après cette étude, le temps passé à l'alimentation est plus significatif en octobre et en novembre et cela semble être due à une récupération de la masse corporelle faute de la pénurie alimentaire de la rude saison sèche commençant généralement du mois de mai et commence à prendre fin au mois de novembre où les individus commencent à manger quelques fruits et des jeunes feuilles.

Cependant, *Propithecus verreauxi*, tendent à réduire leur territoire, leur espace et leur parcours journaliers durant la saison sèche pour un stockage d'énergie. Ce même auteur stipule le fait que le temps passé à l'inactivité n'est pas influencé par la prédation mais plutôt par une économie d'énergie. Depuis cette étude aucun changement n'est survenu jusqu'à celle-ci. Chez une autre espèce de sifaka *P. coronatus*, le fait est inversé, car c'est le repos qui occupe la majorité de son activité puis l'alimentation pendant la saison sèche (Ramanamisata, 2012). Il se peut aussi que le fait de la diminution de l'alimentation et l'augmentation du temps passé au repos alerté n'est pas perçue au niveau du budget d'activité du site suggéré ayant un risque plus élevé, du fait d'être une espèce arboricole offrant ainsi un avantage pour que les activités, notamment l'alimentation ne soit pas altérée par la prédation, donc cette espèce utilise des strates plus adaptées. Contrairement à ces résultats, une étude d'un autre mammifère terrestre réalisée par Mateo (2010) sur une espèce d'écureuil terrestre (*Spermophilus beldingi*) montre une diminution du temps alloué à l'alimentation au niveau du site avec un risque plus élevé de prédation. En outre, le repos non alerté par les individus de la CS7 est plutôt associé à une heure plus précise de la journée que chez ceux de la P1 où cette activité est appliquée tout au long de la journée, ainsi, ce fait semble être lié à l'évitement des prédateurs.

Cependant, des activités sociales à l'instar du jeu et du toilettage social sont plus prononcées au niveau de la RSBM. Le jeu est même inexistant parmi les activités effectuées par les sifaka de la forêt de Kirindy, ce cas semble être dû au fait que *P. verreauxi* de la CS7 est plus soumis à une pression plus élevée face à la prédation de *Cryptoprocta ferox*, ainsi il est obligé de réduire des activités qui ne sont pas primordiales et de réduire le risque de prédation. En plus, il a été remarqué que de maintes aspects du comportement du sifaka qui a évolué sous une pression du fossa, certains comportements devraient être changés afin de réduire le coût des traits non fonctionnels ou non essentiels pour une pression de prédation plus atténuée (Kotschwar, 2010). De plus, Biben et al., (1989) ont suggéré que le risque de prédation pourrait être élevé durant le jeu, faute d'inattention et par attraction des potentiels prédateurs à travers des jeux violents. D'un autre côté, la vigilance serait compensée par les adultes au sein du groupe ce qui implique une augmentation de la vigilance (le jeu est toujours initié par un juvénile avec les adultes mâles), ces mêmes auteurs ont confirmé cette compensation de la vigilance chez les singes (*Saimiri boliviensis*). Toutefois, les adultes mâles de la CS7 n'ont pas pratiqué ce type d'activité contrairement à ceux de la P1, entre autre cela confirme le fait que le risque de prédation est plus

atténué chez les propithèques de la RSBM. De même, les sifaka de la P1 ont effectué cette activité au niveau du sol durant presque 30 minutes lors des observations sur cette zone (observation personnelle). Des études antérieures sur une espèce de primate (*Ateles spp.*) argumentent le fait que les individus peuvent pratiquer des activités sociales sur le sol lorsque le risque à la prédation est atténué (Campbell et *al.*, 2005).

### **IV.3. Taux du glucocorticoïde**

Comme indicateur du niveau du risque à la prédation le taux du GC ne satisfait pas la prédiction sur les deux sites d'études. Le taux hormonal dû au stress dans cette étude n'est pas lié à la perception du risque de prédation des sifakas où il est censé être plus élevé au niveau de la forêt de Kirindy dans laquelle le risque est plus élevé. Ce cas est également trouvé chez l'écureuil (*Spermophilus beldingi*) où le site qui présente un taux de GC faible présente un risque de prédation plus élevé (Mateo, 2010). Inversement, chez une espèce de primate (*Papio hamadryas ursinus*) la principale source de l'élévation du GC est due à la prédation. Mais cette augmentation était significativement élevée pendant les mois où ils étaient su ou suspectés avaient été tués par la prédation (Engh et *al.*, 2006). Néanmoins, ce cas a été inexistante lors de cette étude, c'est pour ainsi dire qu'une augmentation du GC semble être occasionnée par des vrais attaquent des prédateurs. En outre, la mesure du stress par une évaluation du taux du GC au niveau de la RSBM montre un niveau de stress plus élevé qu'au niveau de la forêt de Kirindy, ce fait pourrait être engendré par divers facteurs tels, l'instabilité social. Brockman et *al* (2009) suggère que l'élévation du GC pendant cette période est reliée à la préparation des mâles aux challenges qui sont occasionnés par l'immigration. Cette dernière est plutôt stressant pour l'initiateur du fait des diverses contraintes comme se mettre en sécurité face au prédateur seul et aussi subir les agressions des autres groupes. Par ailleurs, ce phénomène implique souvent une augmentation des risques d'infanticides venant des mâles immigrants (Crockett & Janson, 2000) ainsi, provoquant un stress non seulement sur le nouveau venu mais aussi sur les résidents mâles (Bergman et *al*, 2005) Des études effectuées par Brockman et *al* (2009) stipulent que l'élévation du GC des propithèques pendant cette période est surtout causée par le risque d'infanticide. D'ailleurs, le cas d'immigration a été aperçu au niveau de la RSBM où un nouveau venu a essayé de s'introduire dans l'un des groupes focaux qui possède un bébé et un autre cas où un individu

mâle qui est parti de son groupe mais ce dernier cas s'est également survenu au niveau de la forêt de Kirindy. Cette instabilité sociale est également notée comme principale source d'élévation du GC pendant cette période d'*Eulemur fulvus rufus* dans la forêt de Kirindy que plutôt d'autres facteurs écologiques (Ostner et *al.*, 2008). Il se pourrait également que les rencontres inter-groupes ont influencées le taux du GC des sifaka de la P1 du fait qu'elles pourraient engendrés des cas d'infanticides et aussi augmentés les agressions au niveau des individus surtout chez les adultes mâles qui doivent assurer la protection du groupe. Les conflits inter-groupes ont été observés plus fréquemment au niveau de la P1 mais faute du court échantillonnage les données sont très petites et n'ont pas pu être analysées. Mais comme les 38 groupes de la RSBM sont confinés dans une superficie de 80 ha avec 4 à 6 ha de chevauchement de territoire il semble logique que les différents groupes se rencontrent très souvent. Pourtant, l'élévation du taux du GC n'est pas seulement influencée par des facteurs sociaux mais aussi par des facteurs écologiques tels la disponibilité de la nourriture, le climat et risque de prédation (Weingrill et *al.*, 2004), mais ces cas sont exclus à cause de différentes raisons. De prime abord, la disponibilité en nourriture est exclue du fait que les sifakas de la CS7 et de la P1 passent une durée similaire à s'alimenter et que cette période concorde à un commencement de la prise de poids des individus (voire budget activité plus haut). En second lieu, le climat est généralement la même et enfin le risque de la prédation est plus élevée au niveau de la forêt de Kirindy selon l'ensemble des résultats obtenus un peu plus loin. Ainsi, cette augmentation de l'hormone de stress au niveau de la RSBM est plutôt d'origine sociale.

## **CONCLUSION ET RECOMMANDATION**

En guise de conclusion, l'ensemble des résultats obtenus ont montré que le fosa influence le comportement de *Propithecus verreauxi* dans la forêt de kirindy et que cette espèce perçoit un risque de prédation plus élevé dans ce site que dans la RSBM. La vigilance semble être liée à la perception du risque par l'espèce elle-même par rapport à son habitat, dans la forêt de Kirindy les individus adoptent diverses stratégies afin de minimiser les coûts énergétiques de ses comportements, ce qui signifie qu'il y a optimisation de la fréquence de la vigilance pour ainsi pouvoir s'engager à d'autre activité, entre autres ces activités sont effectuées dans une strate stratégique pour cette espèce dans le but de mieux échapper à leur prédateur. Dans la RSBM, par

contre le risque à la prédation est plus atténuée que dans l'autre site du fait que cette espèce est plus terrestre dans cette localité. Toutefois, l'élévation du taux de glucocorticoïde est surtout influencée par une instabilité sociale due au risque d'infanticide occasionné par les mâles immigrants et par les rencontres inter-groupes. On a pu constater également par les analyses effectuées que le budget d'activité dans les deux sites est semblable à part quelques activités affiliatives qui sont plus adoptées par les individus de la P1. Ainsi, cette ressemblance a permis d'en déduire que le budget des activités entrepris par l'espèce dans les deux sites n'est pas lié au risque de prédation. Ainsi, *Propithecus verreauxi* de la RSBM s'est-il adapté à la présence de ses prédateurs introduits, *Felis silvestris* même si ce n'est qu'une espèce non redoutable que *Cryptoprocta.ferox* qui est une espèce endémique et que les sifaka de la forêt de Kirindy pourraient être stratégiquement plus efficaces pour éviter depuis ce temps à leur prédateur.

La prédation est un système très complexe et qui dure tout au long de chaque saison, c'est pour cela que des études à long terme s'avèrent intéressantes pour cette espèce afin de pouvoir comparer s'il existe une variation saisonnière significative de l'influence du risque de prédation sur le comportement de *Propithecus verreauxi*. La variation de ce comportement anti-prédateur peut également être influencée par divers paramètres également tels l'âge, le sexe et les différents statuts sociaux qui n'ont pas été pris en compte durant cette étude alors qu'ils pourraient exhiber des points intéressants sur le présent sujet.

Concernant la méthodologie, d'autres paramètres devraient être prise en compte comme les caractéristiques du site de repos et du dortoir, le type de vigilance accordé aux prédateurs potentiels afin de mieux se rapprocher de la tendance réelle de cette espèce face aux risques de la prédation. Il n'est point exclu que la durée des observations est insuffisante pour bien savoir la tendance durant la saison sèche. Pour compléter les données sur cette étude la capacité de *Felis silvestris* à la prédation de *Propithecus verreauxi* est encore assez floue car peu d'étude s'est focalisée sur ce cas, et aussi le fait que ce carnivore est une espèce introduite devrait être pris en compte. Car cela peut infliger des effets différents à la population indigène qui n'est pas habituée à son existence dans leur milieu naturel.

Cette étude s'avère important dans le domaine de la conservation, dans le cas de réintroduction de cette espèce dans des milieux qui présentent des pressions de prédatons autres que dans son habitat naturel. Comme le cas de la forêt de Kirindy où la densité de cette espèce est faible, ainsi l'introduction de *P. verreauxi* dans ce milieu pourrait être envisageable du faite que l'adaptation se fait par la perception du risque lui-même.

## **BIBLIOGRAPHIE**

**Altmann, J., 1974.** Observational study of behavior: Sampling methods. *Behavior* 49: 227-267.

**Baldellou, M. & Henzi, P., 1992.** Vigilance, predator and the presence of supernumerary males in vervet monkeys troops. *Animal Behavior*, 43: 451-461.

**Bergman, T., Beehner, J., Cheney, D., Seyfarth, R. & Whitten, P., 2005.** Correlates of stress in free-ranging male chacma baboons, *Papio hamadryas ursinus*. *Animal Behavioral*, 70: 703-713.

- Bertram, B.C.R., 1978.** Living in groups: Predators and prey. In *Behavioral Ecology* (eds Krebs, J.R., Davies, J.B) 3rd ed. Oxford: Blackwell Scientific, pp. 64-96.
- Biben, M., Symmes, D. & Bernhards, D., 1989.** Vigilance During Play in Squirrel Monkeys. *American Journal of Primatology*, 17: 41-49
- Blumstein, D.T., 2006.** The multipredator hypothesis and the evolutionary persistence of antipredator behavior. *Ethology*, 112: 209-217.
- Brockman, D.K., 2003.** *Polyboroides radiatus* predation attempts on *Propithecus verreauxi*. *Folia Primatologica*, 74: 71–74.
- Brockman, D.K., Cobden, A.K. & Whitten, P.L., 2009.** Birth season glucocorticoids are related to presence of infants in sifaka (*Propithecus verreauxi*). *Proceedings of Biological Sciences*, 256(1663): 1855-1863.
- Brockman, D.K., Godfrey, L.R., Dollar, L.J. & Ratsirarson, J., 2008.** Evidence of Invasive *Felis silvestris* Predation on *Propithecus verreauxi* at Beza Mahafaly Special Reserve, Madagascar. *International Journal of Primatology*, 29: 135–152 (DOI 10.1007/s10764-007-9145-5).
- Campbell, C.J., Aureli, F., Chapman, C.A., Ramos-Fernández, G., Matthews, K., Russo, S.E., Suarez, S. & Vick, L., 2005.** Terrestrial Behavior of *Ateles* spp. *International Journal of Primatology*, 26(5) : 1039–1051.
- Caro, T.M., 2005.** Antipredator defenses in birds and mammals. Chicago : *University of Chicago Press*.
- Cavigelli, S.A., 1999** Behavioural patterns associated with faecal cortisol levels in free-ranging female ring-tailed lemurs, *Lemur catta*. *Animal Behavior*; 57: 935–944.
- Childress, M.J. & Lung, M.A. 2003.** Predation risk, gender and the group size effect: Does elk vigilance depend upon the behaviour of conspecifics? *Animal Behavior*, 66:389–398.
- Christopher, N. & Walter, M., 2004.** Multiple selection pressures influence Trinidadian guppy (*Poecilia reticulata*) antipredator behavior. *Behavioral Ecology*, 15: 673–678.
- Creel, S. & Chritianson D., 2008.** Relationships between direct predation and risk effects.
- Crockett, C.M. & Janson, C.H., 2000.** Infanticide in red howlers: female group size, male membership, and a possible link to folivory. In Infanticide by males and its implications van (eds. Schaik, C.P. & Janson, C.H.). *Cambridge University Press*, pp 75–98.
- Crompton, R.H. & Sellers, W.I., 2007.** A consideration of leaping locomotion as a means of predator avoidance in Prosimian Primates. In Primate anti-predator strategies (eds. Gursky, S.L. & Nekaris, K.A.I), 6: 127-145.

- Crook, J. H. & Blake, P.A., 1968.** Ecological and behavioral contrasts between sympatric ground dwelling primates. *Folia primatologica*, 8: 192-227.
- Dolar, M.S & Heymann, E.W., 2010.** Vigilance of mustached tamarins in single-species and mixed-species groups—the influence of group composition. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 64(3): 325–335 (DOI: 10.1007/s00265-009-0848-9).
- Engh, A., Beehner, J., Bergman, C., Whitten, P., Hoffmeier, R., Seyfarth, R.M. & Cheney, D.L., 2006.** Behavioural and hormonal responses to predation in female chacma baboons (*Papio hamadryas ursinus*). *Proceedings of the Royal Society B*, 273: 707–712.
- Enstam, K.L., 2007.** Effects of habitat structure on perceived risk of predation and anti-predator behavior in vervet (*Cercopithecus aethiops*) and patas (*Erythrocebus patas*) monkeys. In Primate Anti-Predator Strategies (eds. S. Gursky & K.A.I. Nekaris), pp. 308-338. Springer, New York.
- Fichtel, C., Kraus, C., Ganswindt, A. & Heistermann M., 2007.** Influence of reproductive season and rank on fecal glucocorticoid levels in free-ranging male Verreaux's sifakas (*Propithecus verreauxi*). *Hormones and Behavior*, 51: 640-648.
- Frid, A., 1997.** Vigilance by female Dall's sheep; interactions between predation risk factor. *Animal Behavior*, 53:799–808.
- Ganzhorn, J.U. & Kappeler, P.M., 1996.** Lemurs of the Kirindy Forest. In Ecology and Economy of a Tropical Dry Forest in Madagascar (eds. Ganzhorn, J.U., Sorg, J.P.). *Primate Report*, 46: 257–274.
- Garbutt, N., 1999.** Mammals of Madagascar. Sussex: *Pica Press*.
- Goodman, S.M., O'Connor & Langrand, O., 1993.** A review of predation on lemurs: implications for the evolution of social behavior in small nocturnal primates. In: Lemur social systems and their ecological basis (eds. Kappeler, P.M. & Ganzhorn, J.U.) *Plenum Press*, New York, 51-66.
- Goodman, S.M., Ganzhorn, J.U. & Rakotondravony, D., 2008.** Les mammifères. In paysages naturels et Biodiversité de Madagascar (ed. Goodman, S.M.). Publications scientifiques du Muséum, Paris, WWF, pp 435-484.
- Gosselin-Ildari, A D. & Koenig, A, 2012.** The Effects of Group Size and Reproductive Status on Vigilance in Captive *Callithrix jacchus*. *American Journal of Primatology*, 74:613–621.
- Gould, L., 1996.** Vigilance Behavior During the Birth and Lactation Season in Naturally Occuring Ring-Tailed Lemurs (*Lemur catta*) at the Beza-Mahafaly Reserve, Madagascar. *International Journal of Primatology*, 17 (3): 331-347.

- Gould, L. & Sauther, M.L., 2007.** Anti-predator strategies in diurnal prosimian, the Ring-tailed Lemur (*Lemur catta*), at the Beza Mahafaly Special Reserve, Madagascar. In: Primate Anti-Predator Strategies (eds. Gursky, S.L. & Nekaris, K.A.I.), 13 : 275-288.
- Hamilton, W.D., 1971.** Geometry for the selfish herd. *Theory of Biology*, 31: 295–311.
- Hart, D.L., 2000.** Primates as Prey: Ecological, Morphological and Behavioral Relationships between Primate Species and Their Predators . PhD dissertation, St. Louis, Washington University.
- Heistermann, M., Palme, R. & Ganswindt, A., 2006.** Comparison of different enzyme-immunoassays for assessment of adrenocortical activity in primates based on fecal analysis. *American Journal of Primatology*, 68(3) : 257-73.
- Hirsch, B.T., 2002.** Social monitoring and vigilance behavior in brown capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 52 : 458-464.
- Hochman, V. & Kotler, B.P., 2007.** Patch use, apprehension, and vigilance behavior of Nubian Ibex under perceived risk of predation. *Behavioral Ecology*, 18: 368–374.
- 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. Kappeler P.M., Watts D.P.). Springer, Berlin, Heidelberg, pp 101-124.
- Kotschwar, M.W., 2010.** Variation in predator communities and anti-predator behaviors of Milne-Edwards' sifakas (*Propithecus edwardsi*) in southeastern Madagascar. Master of Science. In Fisheries and Wildlife Sciences, Virginia.
- Langrand, O., 1996.** Le rôle de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly dans le contexte de la protection des oiseaux du Sud-ouest de Madagascar. *Akon'ny Ala*, 19 : 14-17.
- Lashley, M.A., Chitwood, M.C., Biggerstaff, M.T., Morina D.L., Moorman, C.E. & Christopher S. DePerno, C.S., 2014.** White-Tailed Deer Vigilance: The Influence of Social and Environmental Factors. *PLoS One*, 9(3): e90652.
- Lawler, R. R., & Caswell, H., 2007.** Calculating the stochastic population growth rate in a wild population of lemur (*Propithecus verreauxi verreauxi*) using long-term rainfall data. *American Journal of Physical Anthropology*, 44 : 151.
- Lima, S.L. & Dill, L.M., 1990.** Behavioral decisions made under the risk of predation: a review and prospectus. *Journal of Zoology*, 68: 619–640.
- Mateo, J.M., 2010.** Ecological and hormonal correlates of antipredator behavior in adult Belding's ground squirrels (*Spermophilus beldingi*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 62(1): 37–49.

- Michael, J.S., Krebs, C.J. & Boonstra, R., 2010.** The ghosts of predators past: population cycles and the role of maternal programming under fluctuating predation risk. *Ecology*, 91(10): 2983-2994.
- Mittermeier, R. A., Louis, E. E., Jr., Richardson, M., Schwitzer, C., Langrand, O., Rylands, A. B., Hawhinks, F., Rajaobelina, S., Ratsimbazafy, J., Rasoloarison, R., Roos, C., Kappeler P. M. & MacKinnon, J., 2010.** Lemurs of Madagascar (3rd ed.). Conservation International Tropical Field Guide Series. Arlington, VA: *Conservation International*.
- Munck, A., Guyrne, P.M., & Holbrook, N.J., 1984.** Physiological functions of glucocorticoids in stress and their relation to pharmacological actions. *Endocrinology*, 5, 25–44.
- Norscia, I., Carrai, V. & Borgognini-Tarli, S.M., 2006.** Influence of Dry Season and Food Quality and Quantity on Behavior and Feeding Strategy of *Propithecus verreauxi* in Kirindy, Madagascar. *International Journal of Primatology*, 27 (4): 1001-1022.
- Ostner, J., Kappeler, P.M. & Heistermann, M., 2008.** Androgen and glucocorticoid levels reflect seasonally occurring social challenges in male redfronted lemurs (*Eulemur fulvus rufus*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 62(4): 627-638.
- Preisser, E.L., 2009.** The physiology of predator stress in free-ranging prey. *Journal of Animal Ecology*, 78:1103–1105.
- Pulliam, H.R., 1973.** On the advantage of flocking. *Theory of Biology*, 38: 419–422.
- Raherilalao, M. J. & Wilmé, L., 2008.** L’avifaune des forêts sèches malgaches. In Les forêts sèches de Madagascar, (eds. Goodman, S.M. & Wilmé, L.) *Malagasy Nature*, 1: 76-105.
- Ramanamisata, R.N., 2012.** Comportements alimentaires et activités de *Propithecus coronatus* dans la station forestière à usage multiple d’Antrema (Katsepy, Région Boeny). Mémoire de DEA, Département Biologie Animale, Université d’Antananarivo, Madagascar.
- Raselimanana, A. P., 2008.** Herpétofaune des forêts sèches malgaches. In Les forêts sèches de Madagascar, (eds. Goodman, S.M. & Wilmé, L.) *Malagasy Nature*, 1: 46-75.
- Rasoarimanana, J., 2005.** Suivi des lémuriens diurnes dans le Parc National d’Andohahela. *Lemur News*, 10: 27-29.
- Rasoloarison, R. M., Rasolonandrasana, B. P. N., Ganzhorn, J.U. & Goodman, S. M., 1995.** Predation on vertebrates in Kirindy Forest, Western Madagascar. *Ecotropica*, 1: 59-65.
- Rasolofoson, R.D.W., 2002.** Stratégies anti-prédateur d’*Eulemur fulvus rufus* (Audebert, 1800) dans la forêt dense sèche de Kirindy, Morondava, Madagascar. *Lemurs News*, 8: 29.

- Rasolonandrasana, B.P.N., 1994.** Contribution à l'étude de l'alimentation de *Cryptoprocta ferox* Benett (1833) dans son milieu naturel. Mémoire de DEA, Service de Paléontologie, Université d'Antananarivo, Madagascar.
- Ratsirarson, J., 2008.** La Réserve Spéciale de Beza Mahafaly. In Paysages Naturels et Biodiversité de Madagascar (ed. Goodman, S.M.) pp 615-626.
- Ratsirarson, J., Randrianarisoa, J., Ellis, E., Emady, R.J., Ranaivonasy, E.J., Razanajaonarivalona, E.H. & Richard, A.F., 2001.** Beza Mahafaly: écologie et réalités socio-économiques. Centre d'information et de Documentation scientifique et technique, Antananarivo, 104p.
- Richard, A., 1977.** The feeding behavior of *Propithecus verreauxi*. In *Primate Ecology: Ecology Studies of feeding and ranging Behavior in Lemurs, Monkeys and Apes* (eds. Clutton-Brock.T.H.), *Academic Press*, pp 71-96.
- Rohner, U. & Sorg, J.P., 1986.** Observations phénologiques en forêt dense sèche 1. Centre de formation professionnelle forestière, Morondava.
- Ruxton, G.D., Sherratt, T.M. & Speed, M.P., 2004** Avoiding attack: the evolutionary ecology of crypsis, warning signals and mimicry. *Oxford University Press*.
- Sapolsky, R.M., 2004.** Social status and health in humans and other animals. *Anthropology*, 33:393-418.
- Sapolsky, R.M., Romero, L. & Munk, A., 2000.** How do glucocorticoids influence stress-responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and adaptive actions. *Endocrinology*, 21:55-89.
- Seyfarth, R.M., Cheney, D.L. & Marler, P., 1980.** Vervet monkey alarm calls -semantic communication in a free-ranging primate. *Animal Behaviour*, 28: 1070-1094.
- Sorg, J.P., Ganzhorn, J.U. & Kappler, P.M., 2008.** La recherche forestière et faunique dans la forêt de Kirindy, Centre de Formation professionnelle forestière de Morondava. In Paysages Naturels et Biodiversité de Madagascar (ed. Goodman, S.M.) pp 595-613.
- Sussman R. W., 1974.** Ecologie de 2 espèces coexistantes de Lémur *Lemur catta* et *Lemur fulvus rufus*. Bulletin de l'Académie Malgache, 52: 175-191.
- Sussman, R.W., Richard, A.F. & Rakotomanga, P., 1987.** La conservation des lémuriens à Madagascar: leur statut dans le sud. Pp.75-81 in: Propriétés en matière de Conservation des espèces à Madagascar. Occasional Papers of the UICN Species Survival Commission (SSC), No. 2. Gland, Switzerland.

- Tache, E., 1994.** Etude hydrogéologique dans la région de Menabe, Madagascar. Intercoopération, Berne, Université de Neuchâtel.
- Treves, A., 2000.** Theory and method in studies of vigilance and aggregation. *Animal Behavior*, 60: 711–722.
- Treves, A., Drescher, A. & Ingrisano, N., 2001.** Vigilance and aggregation in black howler monkeys (*Alouatta pigra*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 50: 90–95.
- Vasey, N., 2005.** Activity Budgets and Activity Rhythms in Red Ruffed Lemurs (*Varecia rubra*) on the Masoala Peninsula, Madagascar: Seasonality and Reproductive Energetics. *American Journal of Primatology*, 66: 23–44.
- Weingrill, T., Gray, D., Barrett, L. & Henzi, S., 2004.** Fecal cortisol levels in free-ranging female chacma baboons: relationship to dominance, reproductive state and environmental factors. *Hormonal Behavior*, 45:259–259.
- Wright, P.C., 1998.** Impact of predation risk on the behaviour of *Propithecus diadema edwardsi* in the rain forest of Madagascar. *Behaviour*, 135 : 483-512.

## ANNEXES

### Annexe 1. Fiche d'observation sur terrain

Date:				
Heure:				
Groupe:				
Nom:				
Heure collecte fécès:				
Numéro tube:				
Heure		Fq vigilance	Hauteur utilisé	Distance
Debut	Fin			
		Activité		

### Annexe 2. Tableau comparatif de la vigilance des deux sites

Site	Heure d'observation	Durée d'observation	Moyenne de la fréquence De la vigilance (%)
CS7 (Kirindy)	7h-9h	490 min	0,50
	9h-11h	540 min	0,43
	13h30-15h30	590 min	0,52
	15h30-17h30	410 min	0,50
P1 (Réserve Spéciale de Beza Mahafaly)	7h-9h	610 min	0,55
	9h-11h	420 min	0,41
	13h30-15h30	600 min	0,45
	15h30-17h30	400 min	0,55

**Annexe 3.** Tableau comparatif du budget d'activité des deux sites

Site	Heure	Fréquence de chaque activité (%)									
		Alimentation	Déplacement	Repos en alerte	Repos non alerté	Toilettage	Toilettage social	Jeu	Agressivité	Conflits inter-groupes	Autres.
<b>CS7</b>	<b>7h-9h</b>	62,549	9,652	26,047	0	0,916	1,114	0	0,370	5,944	1,868
	<b>9h-11h</b>	46,76	7,189	33,178	57,319	3,965	6,555	0	0,2777	0	0,694
	<b>13h30-15h30</b>	50,805	7,112	44,905	19,236	2,192	3,476	0	0,027	0	1,034
	<b>15h30-17h30</b>	57,484	11,565	37,577	0	1,315	3,282	0	0,648	0	1,327
<b>P1</b>	<b>7h-9h</b>	50,84	9,471	31,464	29,652	2,682	3,145	23,305	0,328	3,648	3,21
	<b>9h-11h</b>	51,216	6,475	38,563	18,694	3,905	4,796	11,333	0,064	0	2,798
	<b>13h30-15h30</b>	41,502	8,585	37,09	38,805	5,172	5,565	12,527	0,061	0	3,288
	<b>15h30-17h30</b>	52,242	10,915	33,338	26,722	1,944	2,900	5,888	0,092	0	2,256

**Annexe 4.** Liste des prédateurs du *Propithecus verreauxi* dans la forêt de Kirindy et de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly

Forêt de Kirindy	Réserve Spéciale de Beza Mahafaly
<i>Acrantophis madagascariensis</i>	<i>Acrantophis dumerili</i>
<i>Buteo brachypterus</i>	<i>Buteo brachypterus</i>
<i>Cryptoprocta ferox</i>	<i>Canis lupus familiaris</i>
<i>Polyboroides radiatus</i>	<i>Felis silvestris</i>
	<i>Polyboroides radiatus</i>

**Annexe 5.** Tableau de des données climatiques de la Région de Morondava et de Betioky de l'année 2014 avec des valeurs moyennes mensuelles

Mois	MORONDAVA			BETIOKY		
	PP (mm)	T°min (°C)	T°max (°C)	PP (mm)	T°min (°C)	T°max (°C)
Janvier	456,8	24,4	30,9	17,3	22,5	34,83
Février	170,1	24,4	31,3	36,9	21,7	33,2
Mars	8,5	24,4	33,1	4,03	22,3	32,9
Avril	0,0	21,7	31,8	1,2	17,03	31,2
Mai	0,0	18,2	30,1	0,0	14,2	32
Juin	0,0	16,1	29,3	0,0	8,9	27,8
Juillet	0,2	17,0	17,0	1,7	10,7	28,7
Août	2,0	18,0	28,9	0,4	12,3	30,5
Septembre	9,4	20,3	29,4	16,7	15,1	33,7
Octobre	0,0	20,7	29,2	11,6	16,4	36,25
Novembre	6,1	22,7	31,1	2,40	20,37	37,62
Décembre	18,4	23,5	31,3			

**PP: Précipitation, T°min: température minimale, T°max: température maximale**

**TITRE : Vigilance, budget d'activité et hormone du stress des adultes mâles chez *Propithecus verreauxi* de la forêt sèche de Kirindy/CNFEREF et ceux de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly, Madagascar.**

**RESUME**

Le comportement de vigilance joue un rôle prédominant dans l'acquisition des ressources et également dans l'évitement des prédateurs. Ainsi, ce comportement peut affecter directement le fitness des individus proies et la compréhension des facteurs pouvant l'influencer peut procurer un aperçu sur l'interaction proie-prédateur. La réponse des proies au prédateur inclue la plasticité dans le comportement, la physiologie, qui pendant ce temps réduit le risque de prédation. Cette étude s'est focalisée sur le comportement de vigilance, le choix de stratification, le budget d'activité et le taux de glucocorticoïde de *Propithecus verreauxi* (sifaka) mâles qui constitue la majeure partie du régime alimentaire du fosa (*Cryptoprocta ferox*) dans la forêt de Kirindy, et ceux de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly, où le chat sauvage (*Felis silvestris*) constitue un important prédateur de cette espèce. Pour ce faire, des observations comportementales ont été effectuées sur 16 groupes avec 26 individus focaux (8 groupes avec 13 individus focaux pour chaque site), du mois de septembre jusqu'en novembre 2014, correspondant à la fin de la saison sèche. Pour l'analyse hormonale, 78 échantillons de matières fécales en été collectés pour les individus des deux sites d'études. Les résultats ont démontré qu'aucune différence significative existe entre la fréquence de vigilance des deux sites mais le choix des strates utilisé par cette espèce en revanche est significativement différent entre les sites d'études, *P. verreauxi* apparaît plus terrestre dans la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly tandis que dans la forêt de Kirindy cette espèce est rarement observée au niveau du sol. Toutefois, la vigilance des sifaka de la forêt de Kirindy a pour fonction anti-prédatrice. Le taux du glucocorticoïde pour sa part a relevé une forte concentration au niveau de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly. L'analyse du budget d'activité d'un autre côté a montré que la durée des activités entreprise par cette espèce est presque la même dans les deux sites et allouée exclusivement à l'alimentation et au repos. Ainsi, les fosa de la forêt de Kirindy influencent notamment sur le comportement de la vigilance et sur le choix de la stratification de l'espèce de cette localité.

**Mots clés : vigilance, budget d'activité, stratification, glucocorticoïde, *Propithecus verreauxi*, Kirindy/CNFEREF, Beza Mahafaly.**

**ABSTRACT**

Vigilance behavior have important rules in foods acquisitions and predator avoidance. It's may directly affect fitness of prey, and understanding factors influencing vigilance may provide important insight into predator-prey interactions. Prey and predator relationship involved the plasticity in behavior and physiology to reduce predation risk. This study is focalised on vigilance, choice of habitat use, time budget and level of glucocorticoid in adult male of *Propithecus verreauxi* (sifaka), principal diet of fossa (*Cryptoprocta ferox*) in Kirindy forest. At the Beza Mahafaly Special Reserve, wild cat (*Felis silvestris*) is an important predator of this species. Sixteen groups and 26 individuals (8 groups with 13 individuals for each site) were observed during the late dry season in September-November 2014. For hormonal analysis, 78 samples were collected in both site. Indeed, no differences exist between degree of vigilance behavior at both sites. However, there were significant differences in choice of canopy use, *P. verreauxi* appear more terrestrial at Beza Mahafaly Special Reserve than at Kirindy forest. And there are correlation between the level of canopy use and the degree of vigilance. In other hand, sifaka vigilance at Kirindy forest has function anti-predator. Futher, levels of glucocorticoid metabolite in Beza Mahafaly Special Reserve is significantly higher. For time budget no significant differences exist between the principal activity at both sites, especially attribute to feeding and resting. Thereby, the presence of fossa at Kirindy forest influence vigilance behavior and level of canopy use of this species

**Keywords : vigilance, time budget, stratification, glucocorticoid, *Propithecus verreauxi*, Kirindy/CNFEREF, Beza Mahafaly.**

**Encadreur**

Docteur  
Zafimahery RAKOTOMALALA  
Maître de conférences  
Département de Biologie Animale,  
Faculté des Sciences,  
Université d'Antananarivo

**Impétrante**

**Nom et Prénoms :** Manintsitaha Josée Doria RALISON  
**Adresse :** Lot VT5CDBisB Ambohipo  
**Tel :** 032 63 011 41  
**E.mail :** doriaralison12@yahoo.fr