



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



Latimeria chalumnae

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU

DIPLOME de MASTER

Parcours : *Biologie de la Conservation Animale*

Utilisation de l'habitat et structure de la population des caméléons dans la forêt sèche de Kirindy CNFEREF, Morondava, Madagascar

Présenté par :

Mademoiselle Miary RASELIMANANA

Devant le JURY composé de :

Président : Monsieur Achille Philippe RASELIMANANA
Professeur Titulaire

Rapporteur : Madame Marie Jeanne RAHERILALAO
Maître de Conférences

Examineurs : Monsieur Zafimahery RAKOTOMALALA
Maître de Conférences

Monsieur Morasata Rodin RASOLOARISON
Docteur, Deustches Primatenzentrum (DPZ)
Soutenu publiquement le 02 novembre 2018



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



Latimeria chalumnae

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU

DIPLOME de MASTER

Parcours : *Biologie de la Conservation Animale*

Utilisation de l'habitat et structure de la population des caméléons dans la forêt sèche de Kirindy CNFEREF, Morondava, Madagascar

Présenté par :

Mademoiselle Miary RASELIMANANA

Devant le JURY composé de :

Président : Monsieur Achille Philippe RASELIMANANA
Professeur Titulaire

Rapporteur : Madame Marie Jeanne RAHERILALAO
Maître de Conférences

Examineurs : Monsieur Zafimahery RAKOTOMALALA
Maître de Conférences

Monsieur Morasata Rodin RASOLOARISON
Docteur, Deustches Primatenzentrum (DPZ)

Soutenu publiquement le 02 novembre 2018



REMERCIEMENTS

« Et quoi que vous fassiez, en parole ou en œuvre, faites tout au nom du Seigneur Jésus, en rendant par lui des actions de grâces à Dieu le Père » (Colossiens 3:17).

Ce mémoire est l'aboutissement d'un travail acharné qui ne fut accompli seul mais grâce à la contribution de nombreuses autres personnes et institutions dont j'aimerais témoigner en ces quelques paragraphes ma profonde gratitude.

Je sais tout particulièrement gré à :

- Monsieur Marson RAHERIMANDIMBY, Professeur Titulaire, Doyen de la Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo et Monsieur Zafimahery RAKOTOMALALA, Maître de Conférences, Responsable de la Mention Zoologie et Biodiversité Animale (ZBA), qui ont accordé la soutenance du présent mémoire.
- Monsieur Achille RASELIMANANA, Professeur Titulaire, Mention ZBA, pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de présider le jury de cette soutenance.
- Madame Marie Jeanne RAHERILALAO, Maître de Conférences, Mention ZBA, qui a accepté de m'encadrer. Aussi, j'aimerais lui formuler l'expression de ma sincère reconnaissance pour ses précieux conseils, ses directives et ses commentaires qui ont permis de peaufiner ce manuscrit. Je lui suis également reconnaissante pour sa disponibilité et son soutien sans faille, depuis la conception de la proposition de recherche à la soutenance de ce mémoire, nonobstant ses maintes responsabilités.
- Monsieur Zafimahery RAKOTOMALALA, Maître de Conférences, Mention ZBA et Monsieur Morasata Rodin RASOLOARISON, Docteur, Coordinateur scientifique au sein du DPZ-Madagascar, qui m'ont accordé de leur précieux temps pour la lecture méticuleuse du manuscrit et qui ont émis des critiques constructives ayant permis d'améliorer considérablement cette version finale. Par ailleurs, je tiens à leur exprimer ma gratitude d'avoir également accepté de faire partie des membres du jury de la soutenance.

Je manifeste également ma reconnaissance envers :

- Le Deutsches Primatenzentrum (DPZ), en la personne de Madame Claudia FICHTEL, Docteur PhD et de Monsieur Peter KAPPELER, Professeur Docteur, pour leurs soutiens financiers, techniques et logistiques dans le cadre de la réalisation et de la présentation de ce travail de recherche.

- Monsieur Léonard RAZAFIMANANTSOA, Manager de terrain au sein de DPZ-Madagascar, pour son aide matérielle, ses conseils et ses suggestions, ainsi que toute l'équipe du DPZ basée à Kirindy qui m'ont accueilli si chaleureusement lors des travaux de terrain.
- L'équipe de la CNFEREF pour leur accueil et leur bienveillance.

Je tiens également à proférer ma gratitude envers :

- La fondation The Leona B. & Harry B. Helmsley Charitable Trust pour le support financier qu'elle m'a généreusement octroyée à travers le programme « Development of scientific capacity for Malagasy conservation biologists » de l'Association Vahatra.
- L'Association Vahatra pour le cadre de travail ainsi que pour les moyens logistiques et bibliographiques qu'ils ont mis à disposition, sans oublier tous les membres et les étudiants de l'association pour l'atmosphère sereine et agréable ainsi que pour les conseils pertinents dont j'ai pu jouir lors de la rédaction du présent mémoire.
- Tous les personnels enseignants et administratifs au sein de la Faculté des Sciences et spécialement ceux de la Mention Zoologie et Biodiversité Animale, Domaine Sciences et Technologies, Université d'Antananarivo, qui m'ont formé durant mon cursus académique.

En outre, je ne saurais être plus spécialement reconnaissante qu'envers mes parents, mon père qui a investi sans compter, amour, effort et argent, dans mon éducation et surtout ma mère qui a toujours été essentielle à ma vie. Sans eux, je ne serais parvenue à terme de mes études. Je remercie également ma famille et mes amis qui m'ont toujours témoigné leur soutien inconditionnel. Enfin, je tiens à remercier chaleureusement Zavasoà qui a supporté mes sautes d'humeur et mon caractère impossible mais qui a toujours été présent tout au long de mon parcours et qui m'a été d'une aide incomparable.

A vous tous, je présente une fois encore ma gratitude, mon respect et ma considération.

RESUME

L'écologie et la biologie de plusieurs espèces de reptiles demeurent encore peu documentées, notamment dans les forêts sèches malgaches. Afin de fournir des informations sur ces domaines, le mode d'utilisation de l'habitat et la structure de la population des caméléons de la forêt sèche de Kirindy CNFEREF ont été étudiés entre novembre 2017 et février 2018. Les travaux ont été effectués dans deux blocs forestiers (CS5 et N5) dont la végétation a été caractérisée par les méthodes de quadrat et de relevé linéaire. Des investigations nocturnes ont été menées pour la collecte des données sur l'utilisation de l'habitat par les caméléons aussi bien sur le plan horizontal que vertical. Les individus observés ont été capturés pour les études morphométriques afin d'établir la structure de chaque population. Au total, 357 individus appartenant à quatre espèces sympatriques ont été observés. Les résultats ont révélé que l'espèce la plus abondante est *Furcifer labordi* ($n = 110$) et la plus rare est *F. oustaleti* ($n = 4$). Alors que *F. labordi* et *Brookesia brygooi* se distribuent uniformément dans la forêt, *F. nicosiai* et *F. oustaleti* présentent une préférence pour les habitats forestiers plus ouverts et perturbés avec une litière plus épaisse. Chaque espèce exploite une strate définie avec *Brookesia brygooi* dans la strate basse (0-1 m), *F. oustaleti* au-dessus de 2 m tandis que *F. labordi* et *F. nicosiai* occupent surtout la strate de 0-4 m mais dans une gamme de hauteur différente. Toutes présentent une préférence quant au type, à la nature, à l'état et à la condition d'exposition au ciel du perchoir ainsi qu'à la hauteur et au diamètre de la plante. La structure de population est identique dans les deux sites pour *B. brygooi* et pour *F. labordi*, alors que les juvéniles sont plus abondants dans CS5 pour *F. nicosiai*. Le sex-ratio est en faveur des femelles pour toutes les espèces sauf pour *F. nicosiai*. Ainsi, de par ces informations, la présente étude constitue une base pour des analyses plus approfondies sur la bio-écologie de ces espèces. Il faudrait en particulier intensifier les recherches et les efforts de conservation pour *F. labordi* et *F. nicosiai* du fait de leur vulnérabilité et de leur confinement dans des zones forestières fortement menacées.

Mots-clés : caméléons, écologie, distribution horizontale, stratification verticale, perchoir, structure de la population, Kirindy CNFEREF, forêt sèche de Madagascar.

ABSTRACT

The ecology and biology of several reptile species are still poorly documented, especially in the Malagasy dry forests. In order to provide information on these areas, the habitat use and population structure of chameleon species in the Kirindy CNFEREF dry forest were studied between November 2017 and February 2018. The investigation was carried out within two forest blocks (CS5 and N5) where the vegetation was characterized by the quadrat and linear sampling methods. Nocturnal surveys were performed to collect data on the habitat use by chameleons both horizontally and vertically. All observed individuals were captured for morphometric studies to establish the population structure of each species. In total, 357 individuals belonging to four sympatric species were observed. The results revealed that the most abundant species was *Furcifer labordi* ($n = 110$) and the rarest was *F. oustaleti* ($n = 4$). While *F. labordi* and *Brookesia brygooi* were evenly distributed in the forest, *F. nicosiai* and *F. oustaleti* showed a preference for more open and disturbed habitat with higher litter depth. Each species exploited a defined stratum with *B. brygooi* in the lower stratum (0-1 m), *F. oustaleti* above 2 m whereas *F. labordi* and *F. nicosiai* mostly used the stratum between 0-4 m though the height range of their perch differed slightly. Each species also favored a perch regarding its type, nature, state, exposure and the height and diameter of the plant. The population structure was identical in both sites for *B. brygooi* and *F. labordi*, while juveniles were more abundant in CS5 for *F. nicosiai*. The sex ratio was female-biased in all species except for *F. nicosiai*. Therefore, based on this information, this study provided a basis for deeper analyses on the biology and ecology of these species. In particular, further research and conservation effort should be made for *F. labordi* and *F. nicosiai* due to their vulnerability and the restriction of their distribution to highly threatened forest areas.

Keywords: chameleons, ecology, horizontal distribution, vertical stratification, perch, population structure, Kirindy CNFEREF, dry forest of Madagascar

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
I. GENERALITES	4
II- MATERIELS ET METHODES	7
II.1- Description générale du milieu d'étude.....	7
II.2- Présentation des sites d'étude.....	7
II.3- Méthodes de collecte de données.....	8
II.3.1- Caractérisation de l'habitat.....	8
II.3.2- Méthode d'échantillonnage	12
II.3.3- Distribution horizontale de la communauté de caméléons	14
II.3.4- Distribution verticale de la communauté de caméléons	15
II.3.5- Analyse de la structure de la population de chaque espèce de caméléons	15
II.4- Méthode d'analyses et de traitement des données	17
II.4.1- Caractérisation de l'habitat	17
II.4.2- Analyse de la distribution horizontale de la communauté.....	17
II.4.3- Analyse de la distribution verticale de la communauté	18
II.4.4- Analyse de la structure de la population.....	18
III.RESULTATS ET INTERPRETATIONS	19
III.1- Caractéristiques de l'habitat.....	19
III.1.1- Répartition des plantes selon la hauteur et le Dbh	19
III.1.2- Caractéristiques de la canopée et de la litière, nombre de bois coupés et indice de liane	20
III.1.3- Taux de recouvrement	21
III.2- Distribution horizontale de la communauté de caméléons	22
III.3- Distribution verticale de la communauté de caméléons.....	23
III.3.1- Utilisation des strates.....	23
III.3.2- Utilisation du perchoir.....	25
III.4- Structure de la population des espèces de caméléons.....	30
IV. DISCUSSION	32

<i>Distribution horizontale de la communauté de caméléons</i>	32
<i>Distribution verticale de la communauté de caméléons.....</i>	34
<i>Utilisation du perchoir.....</i>	35
<i>Structure de la population de chaque espèce de caméléons</i>	37
CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	41
REFERENCES CITEES	44
ANNEXES.....	I

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Echelle de recouvrement de la canopée	10
Tableau 2 : Classification de l'indice de liane	11
Tableau 3 : Echelle de recouvrement des strates.....	12
Tableau 4 : Catégorisation de chaque classe d'âge des caméléons observés dans la forêt sèche de Kirindy en fonction de la longueur museau-cloaque (SVL) en mm	16
Tableau 5 : Moyenne ($\pm$ erreur standard) de chaque variable caractéristique de l'habitat et comparaison de ces variables entre les deux sites d'étude	21
Tableau 6 : Pourcentage d'utilisation du perchoir en fonction de sa nature par les caméléons de la forêt sèche de Kirindy.....	29
Tableau 7 : Structure démographique des caméléons de Kirindy CNFEREF, tous sites confondus	31
Tableau 8 : Structure démographique des caméléons de Kirindy CNFEREF au niveau de chaque site (N5 et CS5)	31

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte de la localisation géographique de la forêt dense sèche de Kirindy CNFEREF, des sites d'étude et de l'emplacement des transects	8
Figure 2 : Disposition des lignes de transects par rapport à la piste principale	13
Figure 3 : Mesures morphométriques prises pour chaque individu de caméléon observé.....	14
Figure 4 : Histogramme de la répartition des arbres dans chaque site d'étude (N5 et CS5) selon la classe de hauteur.....	19
Figure 5 : Histogramme de la répartition des arbres dans chaque site d'étude (N5 et CS5) selon la classe de Dbh.....	20
Figure 6 : Diagramme de recouvrement végétal de chaque strate au sein des deux sites d'étude (N5 et CS5) de la forêt sèche de Kirindy	22
Figure 7 : Histogramme de l'abondance relative des caméléons au sein des deux sites d'étude (N5 et CS5) de la forêt sèche de Kirindy	23
Figure 8 : Hauteur du perchoir des caméléons dans la forêt sèche de Kirindy	24
Figure 9 : Histogramme montrant la distribution des caméléons au niveau des strates dans la forêt sèche de Kirindy.....	25
Figure 10 : Histogramme montrant l'utilisation des différents types de plantes comme perchoir par les caméléons de la forêt sèche de Kirindy	26
Figure 11 : Histogramme montrant l'utilisation des différentes parties de la plante perchoir par les caméléons de la forêt sèche de Kirindy.....	27
Figure 12 : Histogramme montrant l'utilisation de la plante perchoir par les caméléons de la forêt sèche de Kirindy en fonction de la classe de hauteur (A) et de la classe de Dbh (B)	28
Figure 13 : Histogramme montrant l'utilisation du perchoir en fonction de sa condition d'exposition par les caméléons de la forêt sèche de Kirindy	30

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Liste des espèces de caméléons de la forêt sèche de Kirindy CNFEREF.....	I
Annexe 2 : Données climatiques de la forêt sèche de Kirindy	I
Annexe 3 : Illustration de la méthode photographique CanopyDigi	II
Annexe 4 : Profil structural de la végétation au sein de CS5 et de N5.....	III
Annexe 5 : Illustrations des matériels et méthodes d'échantillonnage.....	V
Annexe 6 : Illustration des conditions d'exposition du perchoir et des caméléons par rapport au ciel	VI
Annexe 7 : Illustrations des différents stades de développement de <i>Furcifer labordi</i> dans la forêt sèche de Kirindy.....	VII
Annexe 8 : Illustrations des différents stades de développement de <i>Furcifer nicosiai</i> dans la forêt sèche de Kirindy.....	VIII
Annexe 9 : Femelles adultes de <i>Furcifer oustaleti</i> dans la forêt sèche de Kirindy	IX
Annexe 10 : Illustrations des différents stades de développement de <i>Brookesia brygooi</i> dans la forêt sèche de Kirindy.....	IX
Annexe 11 : Comparaison du sexe femelle (A) et mâle (B) de <i>Brookesia brygooi</i>	IX
Annexe 12 : Formule de l'erreur standard de la moyenne (ESM) d'une variable v_i	X
Annexe 13 : Résumé des variables caractéristiques de la hauteur du perchoir en m de chaque espèce.	X
Annexe 14 : Résultats des tests post hoc de Dunn selon la valeur p du seuil de probabilité d'erreur.	X
Annexe 15 : Illustrations de quelques couples de <i>Furcifer labordi</i> sur ou près du même perchoir..	XI
Annexe 16 : Illustration de quelques individus de caméléons sur différents types de perchoir	XII
Annexe 17 : Illustrations de la structure de la forêt de Kirindy	XIV

GLOSSAIRE

Capacité de charge : effectif maximum d'une population naturelle que peut entretenir le milieu compte tenu des ressources disponibles

Ecologie du perchoir : étude de toutes les caractéristiques du perchoir et de la relation qu'entretient un individu avec son perchoir

Ecotone : zone de transition ou frontière entre deux écosystèmes

Espèces sympatriques : espèces taxonomiquement voisines qui coexistent dans une même aire de distribution géographique et dans le même habitat

Facteur abiotique : ensemble des paramètres physico-chimiques du milieu (facteurs climatiques, édaphiques, topographiques, hydrologiques) susceptibles d'agir directement sur les êtres vivants et qui conditionnent le développement de toute entité biologique

Facteur biotique : ensemble des paramètres biologiques du milieu, résultant des interactions intra et/ou interspécifiques positives ou négatives, pouvant agir directement sur les êtres vivants et conditionnant le développement de toute entité biologique

Guilde : ensemble d'espèces animales écologiquement et taxonomiquement voisines, occupant un même habitat et exploitant les mêmes ressources disponibles

Guilde « leaf-litter » : guilde qui vit et se nourrit aux dépens de la litière forestière

Homochromie : aptitude de certains animaux à se confondre avec la couleur du substrat

Niche écologique : place originale occupée par une espèce dans un biotope et sa spécialisation ou son rôle au sein d'un peuplement

Poïkilotherme : animaux à sang froid dont la température corporelle est variable et suit celle du milieu ambiant

Thermorégulation : mécanisme de régulation de la température corporelle pour la garder constante

LISTE DES ABREVIATIONS

AGR : Activités génératrices de revenus

CITES : Convention sur le commerce international des espèces de faune et flore sauvages menacées d'extinction

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

CS5 : au sud de CONOCO à 5 kilomètres du début de la piste

CS7 : au sud de CONOCO à 7 kilomètres du début de la piste

DPZ : Deutsches Primatenzentrum (Centre Allemand de Primatologie)

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

N5 : au nord de CONOCO à 5 kilomètres du début de la piste

INTRODUCTION

Comprendre comment un assemblage d'espèces est distribué dans la nature et comment il peut être influencé par les facteurs abiotiques et biotiques composent les objectifs de l'écologie des communautés (Begon *et al.*, 2006). Dans cette optique, déterminer le mécanisme de coexistence des espèces dans un milieu donné constituerait un défi majeur (Heatwole, 1977; Rakotondranary & Ganzhorn, 2011; Martinez-Meyer *et al.*, 2013). Selon Pianka (1973), les espèces sympatriques devront présenter au moins une divergence au niveau des trois dimensions définies de la niche écologique. Ainsi, elles devront se partager les ressources de l'environnement au niveau temporel, spatial et/ou trophique pour permettre cette cohabitation.

Chez des groupes charismatiques comme les caméléons, le temps ne constitue pas un aspect assez pertinent pour différencier la niche. Ce sont des espèces diurnes qui arborent les mêmes activités durant la journée (Akani *et al.*, 2001). Toutefois, comme le mode d'utilisation de l'espace varie beaucoup au sein des espèces de lézards (Pianka, 1973; Carpenter, 2003), la dimension spatiale mériterait plus d'approfondissement dans l'étude de ce groupe. A Madagascar, quelques études se sont penchées sur le mode d'utilisation de l'habitat par les caméléons (Rabearivony *et al.*, 2007; Randrianantoandro, 2007; Randrianantoandro *et al.*, 2007, 2010; Gehring *et al.*, 2008; Razafimahatratra *et al.*, 2008). Toutefois, la plupart d'entre elles ont été menées dans les forêts humides de l'Est, au détriment des forêts sèches. Pourtant, ces-dernières possèdent une biodiversité remarquable dans un paysage vaste et extrêmement hétérogène (Goodman & Raselimanana, 2008). De plus, elles subissent des pressions anthropiques considérables et une fragmentation plus importante que les forêts humides (Harper *et al.*, 2007). Aussi, la présente étude s'intéresse aux caméléons de l'un des blocs forestiers de la région de Menabe Central qui possède la plus grande superficie restante de forêts sèches de l'Ouest malgache (Zinner *et al.*, 2014), la forêt dense sèche de Kirindy CNFEREF.

La connaissance du mode d'exploitation du milieu écologique par une espèce au sein d'un environnement spécifique est cruciale pour la gestion d'un habitat (Johnson, 1980). Cette étude du mode d'exploitation de l'habitat peut s'effectuer à différents niveaux. D'abord, sur une échelle plus large, elle peut concerner la préférence en habitat des espèces. Jenkins et ses collaborateurs (2003) ont montré que les habitats riverains des forêts humides constituent des zones privilégiées pour les caméléons. Comme ils y sont abondants, ces habitats sont cruciaux pour leur conservation. Cependant, selon les mêmes auteurs, les informations sur les caractéristiques des habitats sélectionnés par les caméléons demeurent lacunaires. D'ailleurs, Randrianantoandro et ses collaborateurs (2010)

ont souligné la nécessité de décrire l'utilisation de l'habitat de *Furcifer labordi*. Il s'agit d'une espèce classée Vulnérable dans la liste rouge de l'UICN (IUCN, 2018) et qui est d'ailleurs présente dans la forêt sèche de Kirindy. De plus, son cycle de vie annuel extrême (Karsten *et al.*, 2008), du moins pour une grande partie (Eckhardt *et al.*, 2017) ainsi que son confinement dans des zones restreintes de la région Ouest et Sud-ouest de Madagascar la rendent encore plus vulnérable. L'étude de son utilisation de l'habitat permettrait alors de mieux comprendre l'impact de la dégradation de la forêt qui s'effectue à grande vitesse sur la survie de cette espèce. Cela permettrait ainsi de mieux la conserver. Effectivement, la moitié de la superficie de la forêt de la région de Menabe Central risque de disparaître d'ici 2023 à 2049 (Zinner *et al.*, 2014).

Ensuite, sur une échelle plus restreinte, le partage de niche peut aussi être étudié à partir de la détermination de la répartition verticale des espèces. En effet, à Madagascar, les caméléons sympatriques présentent une différence quant à la hauteur du perchoir (Measey *et al.*, 2014). Certes, ces informations sont maigres, mais elles permettraient de catégoriser les caméléons forestiers d'une manière plus spécifique, en faisant par exemple référence à leur appartenance en strates, outre la division en guildes arboricoles et « leaf-litter » (Measey *et al.*, 2014). Enfin, les différences interspécifiques au niveau de l'écologie du perchoir peuvent modeler la distribution spatiale des caméléons (Rabearivony *et al.*, 2015). Les espèces sympatriques peuvent exhiber une préférence quant aux caractéristiques du perchoir (Carpenter, 2003; Gehring *et al.*, 2008) dont la mise en relief pourrait fournir des éléments utiles pour la planification des mesures de conservation (Bungard *et al.*, 2014).

Outre l'aspect écologique, l'aspect biologique tel la détermination de la structure d'une population est également fondamental pour la conservation et la gestion efficace d'une espèce ainsi que pour la compréhension des processus évolutifs impliqués (Millar & Libby, 1991). Effectivement, la variation numérique des individus de chaque classe d'âge et selon le sexe influence la taille d'une population dans le temps et dans l'espace. Recueillir des informations sur ces paramètres permettrait de connaître la stabilité de la population en question et en conséquence de mettre en place des stratégies de conservation adéquates pour l'espèce. Ainsi, cette étude servirait de base pour comprendre l'évolution spatio-temporelle de la population de chaque espèce de caméléons dans un environnement changeant.

La présente étude s'intéresse à la communauté de caméléons au sein de deux sites de la forêt sèche de Kirindy CNFEREF afin de déterminer l'utilisation de l'habitat et la structure de la population de chaque espèce présente. Ceci étant dans l'optique d'enrichir nos connaissances sur la bio-écologie

de ce groupe et de fournir des informations pouvant aider le gestionnaire dans leur effort de conservation et de valorisation des caméléons, entre autre pour la promotion de l'écotourisme.

Afin d'atteindre cet objectif global, les objectifs spécifiques consistent à :

1. Caractériser les habitats forestiers dans les deux sites d'étude,
2. Déterminer la distribution spatiale de la communauté sur le plan horizontal,
3. Déterminer la distribution spatiale de la communauté selon la stratification des perchoirs,
4. Déterminer le mode d'utilisation du perchoir de chaque espèce au sein de la communauté,
5. Etablir la structure de la population de chaque espèce au sein de la communauté.

Pour cela, les hypothèses nulles H_0 à vérifier seront :

- H_{01} . La structure de la végétation est homogène dans les deux sites. Autrement dit, les caractéristiques de l'habitat des deux sites sont similaires.
- H_{02} . La diversité spécifique de la communauté de caméléons est identique dans les deux sites d'étude. Autrement dit, la communauté de caméléons se distribue uniformément au sein de la forêt, suggérant l'absence d'une préférence écologique en termes d'habitat.
- H_{03} . La communauté de caméléons ne présente pas de structure verticale bien définie. Autrement dit, la répartition de la communauté de caméléons est uniforme dans les différentes strates.
- H_{04} . Les caméléons utilisent indifféremment les perchoirs disponibles. Autrement dit, les espèces de caméléons ne présentent pas de préférence pour le perchoir.
- H_{05} . La structure de la population de chaque espèce reste similaire d'un site à l'autre. Autrement dit, la distribution démographique suivant la structure d'âge et le sexe au sein de la population de chaque espèce est la même dans les deux sites.

Ce mémoire se subdivise en quatre grandes parties. A cette introduction s'enchaîne la première partie concernant quelques généralités sur le groupe étudié avec une brève synthèse bibliographique. Elle sera suivie par la méthodologie de collecte et d'analyse des données. Ensuite, la troisième partie concernera la présentation des résultats avec les interprétations correspondantes. La dernière partie se focalisera sur la discussion des résultats saillants. Elle sera suivie d'une conclusion et des recommandations y afférentes. Enfin, la bibliographie clôturera cet ouvrage.

I. GENERALITES

Les caméléons sont des animaux fascinants. Effectivement, ils affichent un ensemble unique de caractères morphologiques qui en font un groupe à part entière parmi les lézards (Anderson & Higham, 2014). Ils ont la faculté de changer indéfiniment de couleur, de mouvoir indépendamment leurs yeux globuleux de manière à regarder simultanément dans deux directions différentes. Ils possèdent également une langue protractile capable de capturer une proie à une certaine distance. Il existe actuellement 210 espèces de caméléons, dont 91, soit près de la moitié, n'est présente qu'à Madagascar (Uetz *et al.*, 2018). La Grande île abrite en outre la plus grande espèce connue, *Furcifer oustaleti* dont la longueur totale du mâle atteint presque 700 mm (Glaw & Vences, 2007), ainsi que la plus petite, *Brookesia micra* qui mesure moins de 30 mm (Glaw *et al.*, 2012). Les caméléons malgaches sont répartis dans quatre genres qui sont *Calumma* (37 espèces), *Brookesia* (30 espèces), *Furcifer* (22 espèces) et *Palleon* (2 espèces). *Brookesia* et *Palleon* représentent les caméléons nains, principalement terrestres tandis que *Calumma* et *Furcifer* sont les vrais caméléons arboricoles (Uetz *et al.*, 2018). Ils se sont majoritairement confinés aux écosystèmes forestiers humides de l'Est et aux forêts sèches caducifoliées de l'Ouest (Raselimanana & Rakotomalala, 2003) mais quelques représentants sont présents dans les forêts sèches épineuses du Sud-ouest et du Sud (Raselimanana, 2008). Ils figurent parmi les groupes fauniques les plus sensibles aux effets de la fragmentation et de la dégradation forestière (Brady & Griffiths, 1999; Jenkins *et al.*, 1999). D'ailleurs, cette caractéristique en fait un bon indicateur écologique (Randrianantoandro, 2007).

Les caméléons sont également des espèces charismatiques à fort attrait touristique (Brady & Griffiths, 1999). Ils sont très demandés au niveau du commerce international d'animaux sauvages pour l'élevage en vivarium en tant qu'animaux domestiques ou de compagnie (Carpenter 2003; Carpenter *et al.*, 2004). Par ailleurs, les caméléons sont liés à des mythes étranges, des comtes amusants, des personnages de dessins animés et des documents naturalistes (Tolley & Herrel, 2014). Dans la culture malgache, les gens ont souvent peur des caméléons. Ils sont vus, par certaines personnes comme des porte-malheurs et même les toucher est parfois tabou (Fuchs & Callmender, 2007).

Du point de vue statut de conservation, près de la moitié des espèces de caméléons malgaches, soit 42 espèces, figurent actuellement dans la liste rouge des espèces menacées (IUCN, 2018). La perte et la modification de l'habitat naturel à cause des activités anthropiques constituent la principale cause de cette menace (Randrianantoandro, 2007; Jenkins *et al.*, 2014). De plus, à Madagascar, les impacts des activités minières sont également proéminents sans compter les effets du changement

climatique qui affecte les espèces peu résilientes (Jenkins *et al.*, 2014). Aussi, du fait de leur importance biologique, écologique, économique et même culturelle ainsi que l'importance des pressions et menaces pesant sur ces espèces, les caméléons constituent un groupe d'intérêt pour la conservation. Ces différents enjeux montrent la nécessité de la mise en place d'une structure de gestion et de conservation efficaces et durables pour garantir la viabilité et la pérennisation des espèces. Toutefois, la mise en place d'une telle structure requiert des bases scientifiques solides concernant la biologie et l'écologie des espèces (Raselimanana, 2008).

La première mention des caméléons de Madagascar date de 1595, dans la baie d'Antongil (Brygoo, 1971) mais la vraie publication scientifique leur concernant date de 1768 par Parsons. A partir de 1800, des grandes explorations étaient à l'origine de la collecte de divers spécimens, y compris de caméléons, pour le Museum de Paris. Ceux-ci ont constitué de bases pour les travaux sur la systématique de l'herpétofaune malgache. Ainsi, la première espèce de caméléon concrètement décrite fut *Chamaeleo bifidus* par Brongniart en 1800. Les diverses explorations qui s'ensuivent ont permis de découvrir plusieurs nouvelles espèces si bien qu'entre 1900 à 1960, d'importantes monographies sur les reptiles ont été publiées (ex. Mocquard, 1909; Angel, 1942). Deux monographies dédiées aux caméléons malgaches ont également été publiées en 1971 et en 1978 par Brygoo. Toutefois, elles concernent surtout la taxonomie et la description des espèces avec seulement quelques notes sur leur écologie.

Les explorations se sont ainsi poursuivies, notamment dans des zones plus reculées comme les régions montagneuses. La première description de l'habitat de quelques espèces est apparue après des études effectuées en 1974 (Brygoo *et al.*, 1974a, 1974b; Ramanantsoa, 1974). A partir des années 1990, des recherches actives sur les reptiles ont régulièrement été réalisées avec les travaux de Raxworthy, Nussbaum, Raselimanana et Ramanamanjato ainsi que par d'autres herpétologues, notamment étrangers (Andriamialisoa & Langrand, 2003). Toutefois, la majorité des études effectuées concernaient encore des inventaires (ex. Raxworthy *et al.*, 1994, 1998; Raselimanana *et al.*, 2000; Raselimanana, 2013). Néanmoins, elles ont permis de découvrir de nombreuses espèces, y compris celles de caméléons (Raxworthy & Nussbaum, 2006) et de collecter des données sur leur écologie et sur leur distribution géographique. De pertinentes informations issues de ces différentes investigations ont plus tard été compilées dans des guides (Glaw & Vences, 1994, 2007).

Les études écologiques *in situ* n'ont pris de l'ampleur que récemment, à partir de 1999 (Measey *et al.*, 2014), facilitées par les méthodes d'observations et de suivi des caméléons de Madagascar (Brady & Griffiths, 1999, 2003; Jenkins *et al.*, 1999). Ainsi, la structure et la distribution des

communautés de caméléons en fonction des gradients écologiques comme l'altitude (Raselimanana *et al.*, 2000; Randrianantoandro, 2007), la proximité des zones riveraines (Jenkins *et al.*, 2003; Rabearivony *et al.*, 2015) ainsi que l'effet de lisière (Carpenter, 2003; Metcalf *et al.*, 2005) ont été documentés. En outre, l'utilisation de l'habitat en fonction du degré de perturbation de la forêt (Bisoa, 1999; Jenkins *et al.*, 2003; Rakotondravony, 2004; Rabearivony *et al.*, 2007; Randrianantoandro, 2007; Randrianantoandro *et al.*, 2010; Lowin, 2012) ainsi que l'utilisation du perchoir (Fooley, 2002; Carpenter, 2003; Randrianantoandro *et al.*, 2007; Razafimahatratra *et al.*, 2008) ont aussi été étudiées.

Malgré toutes ces études, rares sont celles entreprises dans les forêts sèches occidentales qui sont encore négligées mais pourtant fortement menacées (Waeber *et al.*, 2015). De plus, elles hébergent une faune riche et endémique, dont les caméléons (Raselimanana & Rakotomalala, 2003; Raselimanana, 2008), et constituent un important centre de la biodiversité (Glos *et al.*, 2008). La forêt sèche de Kirindy où la présente étude a été menée est d'ailleurs comprise dans le centre d'endémisme CE7 de Wilmé et ses collaborateurs (2006). Malheureusement, les études menées sur l'herpétofaune, notamment sur les caméléons dans cette région sont encore rares, comprenant des inventaires (Glos & Volahy, 2004) et quelques études écologiques (Randrianantoandro, 2007; Randrianantoandro *et al.*, 2010). De plus, aucune ne s'est encore focalisée uniquement sur la communauté de caméléons de Kirindy, en particulier leur écologie. Cependant, les données écologiques servent de base pour la conservation à long terme de la biodiversité (Raselimanana, 2008). Par ailleurs, une étude biologique sur l'histoire naturelle de *Furcifer labordi* a été menée par Eckhardt et ses collaborateurs (2017) au sein de la forêt sèche de Kirindy mais aucune donnée sur la structure de la population des autres espèces de caméléons présentes n'est disponible. Pourtant, cette forêt héberge en plus de *Furcifer labordi* une autre espèce de caméléon menacée et à distribution restreinte (Annexe 1), *F. nicosiai*. D'ailleurs, parmi les forêts sèches occidentales, l'abondance de ces deux espèces est parmi celle la plus élevée dans la forêt sèche de Kirindy (Randrianantoandro, 2007; Randrianantoandro *et al.*, 2010).

Ces différents contextes manifestent ainsi l'intérêt de connaître l'utilisation de l'habitat des espèces de caméléons de la forêt sèche de Kirindy ainsi que la structure de la population de chaque espèce. Par ailleurs, recueillir des informations écologiques pertinentes pour la conservation est relativement simple pour les caméléons, contrairement à certains groupes de reptiles forestiers (Rabearivony *et al.*, 2007), alors qu'il a déjà été mentionné qu'il s'agit d'un bon indicateur de l'état du milieu.

II- MATERIELS ET METHODES

II.1- Description générale du milieu d'étude

La forêt dense sèche de Kirindy CNFEREF (44° 28' - 44° 46' E ; 20° 03' - 20° 10' S) fait partie du Paysage Harmonieux Protégé Menabe Antimena géré par l'Association Fanamby. Cette concession forestière est administrée par le Centre National de Formation, d'Etudes et de Recherche en Environnement et Foresterie (CNFEREF). Elle est à la fois utilisée comme site de recherche, géré par le Deutsches Primatenzentrum (DPZ) et comme site touristique. Elle est située à l'Ouest de Madagascar, dans l'ex-province de Toliary, Région Menabe, District de Morondava, Commune rurale de Marofandilia, plus précisément à 16,3 km au Nord-est du village de Marofandilia (Figure 1). La forêt couvre une superficie de 10 000 ha (Goodman *et al.*, sous presse), avec une faible variation altitudinale allant de 18 à 40 m (Sorg & Rohner, 1996).

Le climat de la zone nord de l'aire protégée est dominé par le climat sec de l'Ouest et la zone sud par le climat sub-aride du Sud-ouest (Goodman *et al.*, sous presse). Le climat de Kirindy est caractérisé par une saisonnalité prononcée avec une saison chaude et humide entre novembre à mars/avril et une saison fraîche et sèche de mai à août/octobre (Sorg & Rohner, 1996). Les données climatiques relevées dans la forêt sèche de Kirindy durant la présente d'étude sont présentées dans l'Annexe 2.

La forêt dense sèche de Kirindy fait partie de la forêt sèche de l'Ouest (Moat & Smith, 2007) se développant essentiellement sur des sédiments, notamment sur une cuirasse sableuse riche en fer. (Goodman *et al.*, sous presse). Humbert et Cours Darne (1965) ont qualifié la végétation de cette région de forêt sèche caducifoliée sur sable de la série à *Dalbergia-Commiphora-Hildegardia*. La forêt est traversée par une rivière temporaire appelée « Kirindy » qui se tarit pendant la saison sèche (Chaperon *et al.*, 1993).

II.2- Présentation des sites d'étude

Depuis 1993, le DPZ a établi quatre zones d'étude, N5, CS5, CS7 et la savane, dans la forêt sèche de Kirindy pour y mener des recherches permanentes sur la faune. Une grande piste d'environ 6 à 12 m de large appelée CONOCO longe la concession forestière en son milieu (Figure 1). La présente étude s'est déroulée dans les deux blocs forestiers N5 et CS5 qui ont subi une coupe sélective entre 1978 à 1993. Pour des raisons de sécurité, le bloc CS7 n'a pas été visité. N5 se trouve au nord de cette piste tandis que CS5 se trouve au sud. Les deux blocs forestiers sont distants de 1,5 km. Ils sont traversés par des pistes praticables formant un système de quadrillage de 25 m x 25 m. L'intersection de chaque quadrillage ou parcelle est marquée, alphabétiquement d'est en ouest et

numériquement du nord au sud, facilitant l'orientation à l'intérieur de la forêt. N5 couvre approximativement une superficie de 140 ha contre 86 ha pour CS5.

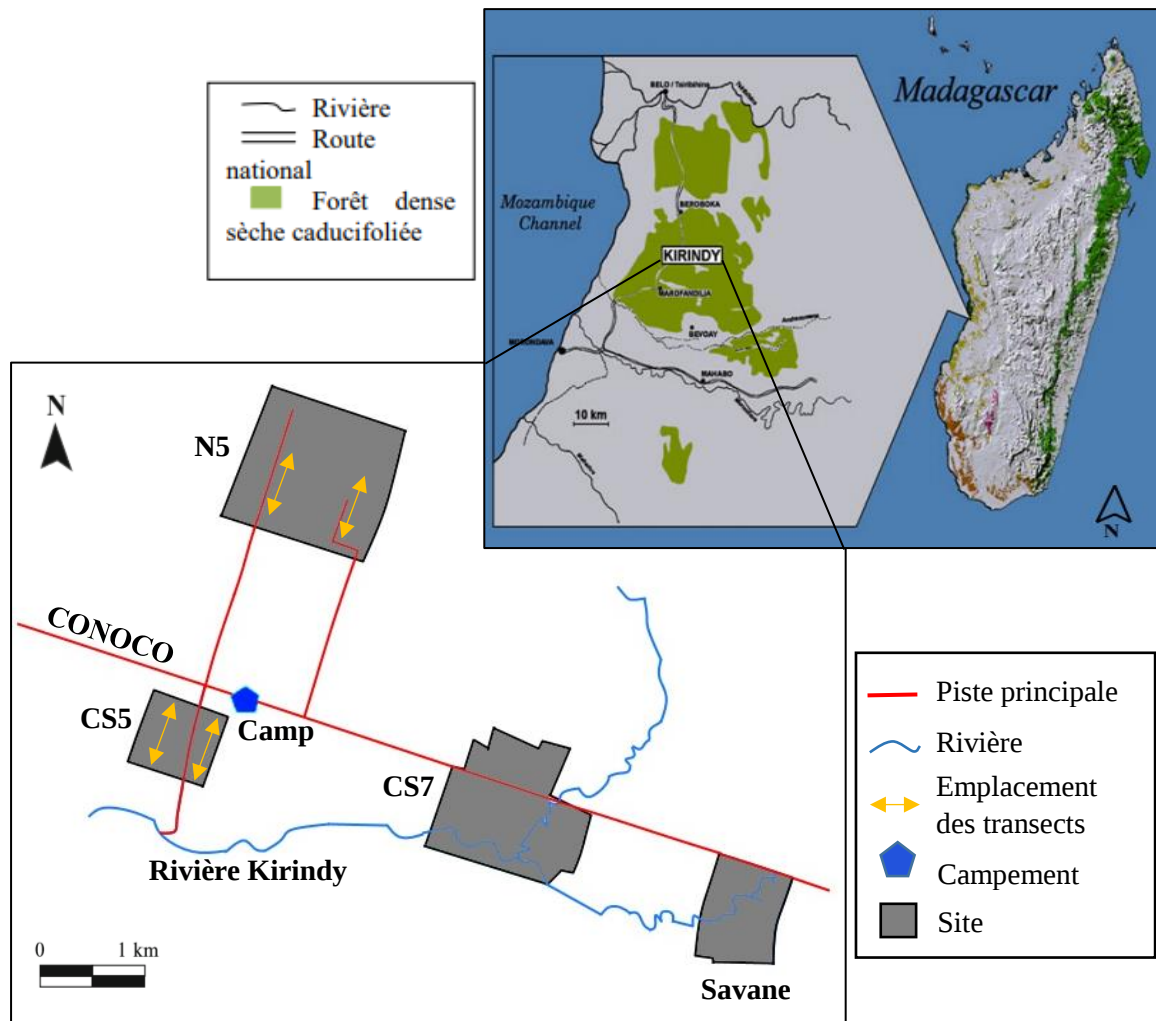


Figure 1 : Carte de la localisation géographique de la forêt dense sèche de Kirindy CNFEREF, des sites d'étude et de l'emplacement des transects (source : DPZ, modifiée par Raselimanana M., 2018)

II.3- Méthodes de collecte de données

La collecte de données a duré deux mois et demi à partir du 11 novembre au 21 décembre 2017, période de transition entre la saison sèche et la saison humide, puis du 16 janvier 2018 au 21 février 2018, période correspondant à la saison humide. L'activité des caméléons est reconnue comme maximale durant ces périodes (Raxworthy, 1988).

II.3.1- Caractérisation de l'habitat

Deux méthodes complémentaires ont été utilisées pour caractériser l'habitat : le quadrat ou plot botanique et le relevé linéaire de Gautier et ses collaborateurs (1994).

II.3.1.1- Quadrat ou plot botanique

Vingt plots de 5 x 5 m, soit dix dans chaque site, ont été établis au hasard le long des transects. Ils sont destinés à la collecte des données qualitatives et quantitatives de la végétation. Les caractéristiques de la végétation conditionnent la présence et l'abondance d'une espèce en fonction des exigences écologiques de cette dernière. Ainsi, suivant la répartition des caméléons dans les habitats forestiers, les données issues de la caractérisation de la végétation fourniront des informations sur la préférence écologique de chaque espèce. Au niveau de chaque plot, les paramètres suivants ont été notés : la hauteur des plantes ligneuses et leur diamètre à hauteur de poitrine (Dbh), le degré de couverture et la hauteur de la canopée, le degré de couverture et l'épaisseur de la litière et l'indice de liane. Le nombre de bois coupés est recensé afin d'évaluer le degré de perturbation du milieu.

Répartition des plantes selon la hauteur et le Dbh

Au niveau de chaque plot, les individus de plantes ligneuses ont été comptés, leur hauteur estimée et leur circonférence mesurée à l'aide d'un mètre ruban afin de calculer leur Dbh. Ce-dernier s'obtient par le rapport entre la circonférence sur π (3,14). Ces individus ont été classés par intervalle de hauteur : [0 – 2] m, [2 – 4] m, [4 – 8] m, > 8 m et par intervalle de Dbh : [0 – 2,5] cm, [2,5 – 5] cm, [5 – 10] cm, [10 – 20] cm, [20 – 30] cm, > 30 cm. Le classement par Dbh permet d'évaluer le potentiel de régénération de la forêt, ce qui indique également la préférence écologique des caméléons. Les individus de plantes ligneuses dont le $\text{Dbh} \leq 10$ cm sont interprétés comme des individus régénérés tandis que ceux à $\text{Dbh} > 10$ cm constituent les individus semenciers ou adultes (Rothe, 1964). Aussi, selon l'allure de l'histogramme obtenue, avec le nombre d'individus en ordonnées et la classe de Dbh en abscisse, une forme de J inversé indiquerait un bon potentiel de régénération. Inversement, une forme de J indiquerait un mauvais potentiel de régénération. En outre, le classement de Dbh et de hauteur informe sur la disponibilité des perchoirs pour les caméléons selon l'importance numérique de chaque classe.

Mesure du degré de couverture de la canopée

Les reptiles sont des animaux poïkilothermes qui doivent réguler leur température corporelle en fonction de la variation de la température ambiante. Ils ont pour cela besoin de se réchauffer au soleil. Aussi, les données sur le degré de couverture de la canopée, qui influence la quantité de lumière pénétrant dans la forêt, contribuent à expliquer la répartition spatiale des caméléons au niveau des deux sites d'étude. Pour obtenir ces données, la méthode photographique qui est une méthode bien adaptée pour mesurer le degré de couverture de la canopée a été utilisée (Paletto & Tosi, 2009) (Annexe 3). Elle permet en outre d'estimer la tolérance d'une espèce vis-à-vis de cette ouverture de

la canopée. Ainsi, cinq photos de la canopée ont été prises à l'aide d'un appareil photo numérique (Résolution 16 Mégapixels) au sein de chaque plot dont une à chaque coin et une au milieu. Au total, 100 photos ont été prises pour les 20 plots établis. Les clichés ont été analysés avec le logiciel libre CanopyDigi afin d'obtenir le pourcentage de couverture de la canopée (Goodenough & Goodenough, 2012). L'échelle de recouvrement de la canopée prise est celle de Ganzhorn et ses collaborateurs (2007) (Tableau 1).

Tableau 1 : Echelle de recouvrement de la canopée (Source : Ganzhorn *et al.*, 2007)

Pourcentage de couverture de la canopée (%)	Degré d'ouverture de la canopée
≤ 20	Ouverte
21 à 50	Relativement ouverte
51 à 70	Semi-ouverte
71 à 90	Relativement fermée
> 90	Fermée

Mesure du degré de couverture de la canopée avec CanopyDigi

CanopyDigi est une méthode d'analyse d'image digitale développée par Goodenough & Goodenough (2012). C'est une méthode précise, rapide et efficace mais peu coûteuse pour quantifier la densité de la canopée. D'abord, les images prises au niveau des plots, qui sont polychromes et de format JPEG ont été converties en images monochromes aux différentes nuances de gris et de format BMP. Pour cela, le logiciel libre et gratuit ReaConverter Lite a été utilisé. Ces images monochromes ont par la suite été traitées et analysées avec CanopyDigi. Ainsi, elles ont été converties en images en « fausse couleur » où l'utilisateur choisit un seuil allant de 1 à 255 pour polariser 256 nuances de gris des images monochromes de départ. Ce seuil est manipulé de sorte que l'image en fausse couleur, dans laquelle les pixels sombres colorés en bleu représentent la canopée tandis que les pixels clairs colorés en rouge représentent le ciel, reste fidèle à l'image monochrome correspondante (Annexe 3). Ceci permet une estimation pertinente du degré de couverture de la canopée qui est par la suite calculé rapidement et automatiquement par le logiciel à partir de ces images en fausse couleur.

Mesure du taux de recouvrement de la litière et évaluation de son épaisseur

Les espèces appartenant au genre *Brookesia* et *Palleon*, qui sont des caméléons principalement terrestres chassent au niveau de la litière. En outre, les femelles gravides de caméléons creusent leur nid dans le sol pour y déposer leurs œufs. Aussi, la litière joue un rôle important dans la répartition spatiale des caméléons et ainsi dans la compréhension de leur utilisation de l'habitat.

Chaque plot de 25 m² a été divisé en quatre parcelles égales de 2,5 m de côté. Le taux de recouvrement de la litière s'obtient par la moyenne des pourcentages obtenus par estimation visuelle du rapport entre la surface recouverte par la litière et la surface de chaque parcelle. La moyenne ainsi obtenue dans tous les plots donne le taux de recouvrement de la litière au niveau de chaque site. L'épaisseur de la litière a été mesurée dans chaque plot à l'aide d'une tige graduée en cm. Les catégories d'épaisseur définies par Razafindrabe (2010) ont été adoptées, soit :

- Si l'épaisseur est ≤ 5 cm : la litière est fine ;
- Si l'épaisseur est comprise entre]5 - 10] cm : la litière est moyenne ;
- Si l'épaisseur est comprise entre]10 - 15] cm : la litière est épaisse ;
- Si l'épaisseur est > 15 cm : la litière est très épaisse.

Evaluation de l'indice de liane

Les lianes peuvent servir de perchoir pour les caméléons, en particulier pour les espèces de petite taille. De ce fait, leur abondance dans le milieu pourrait contribuer à la compréhension de la diversité et de la répartition spatiale des espèces. Pour cela, un indice de liane a été donné en fonction de leur abondance au niveau de chaque plot. A chaque indice est associée une catégorie selon Randrianantoandro (2007) (Tableau 2).

Tableau 2 : Classification de l'indice de liane (Source : Randrianantoandro, 2007, adaptée par Raselimanana M., 2018)

Indice de lianes	Nombre de lianes	Classification
0	0	Absent
1	1 à 5	Peu abondant
2	6 à 10	Abondant
3	Plus de 10	Très abondant

II.3.1.2- Relevé linéaire

Afin de déterminer la structure verticale de la forêt, la méthode de relevé linéaire, adaptée de Gautier et ses collaborateurs (1994) a été adoptée. Deux lignes de transects de 100 m ont été mises en place dans chaque site. Au niveau de chaque ligne de transect, une série de lignes imaginaires qui lui sont perpendiculaire ont été visualisées tous les 2 m. La hauteur de chaque plante en contact avec cette ligne imaginaire a été mesurée ainsi que la hauteur du point de contact à l'aide d'une perche de 6 m et au-delà estimée. Cette technique permet d'avoir une idée sur le profil structural de la végétation (Annexe 4) et sur la stratification forestière ainsi que de connaître le taux de recouvrement de chaque

strate. Ainsi superposées avec la distribution verticale des caméléons, les données sur la structure verticale de la forêt permettront d'apprécier le mode de fréquentation des strates par chaque espèce. L'échelle de recouvrement considérée est celle de Godron et ses collaborateurs (1968) (Tableau 3).

Tableau 3 : Echelle de recouvrement des strates (Source : Godron *et al.*, 1968)

Pourcentage de recouvrement global (%)	Degré d'ouverture de la strate
[10 - 25]	Très ouverte
]25 - 50]	Ouverte
]50 - 75]	Semi-ouverte
]75 - 90]	Peu ouverte
> 90	Fermée

II.3.2- Méthode d'échantillonnage

Les paramètres étudiés se catégorisent en paramètres écologiques et biologiques. Les paramètres écologiques concernent l'utilisation de l'habitat par les espèces sur le plan horizontal et vertical, incluant l'utilisation des différents types de perchoir. Par contre, les paramètres biologiques concernent l'abondance relative, la structure d'âge et le sex-ratio de la population de chaque espèce au sein de la communauté. L'échantillonnage est basé sur des observations nocturnes directes le long des lignes de transects.

II.3.2.1- Méthode de transects

Mise en place des lignes de transects

Les lignes de transects sont mises en place 24 heures avant le début des observations afin d'éviter toutes perturbations engendrées par ces travaux sur la distribution des caméléons au sein de la zone d'étude (Brady & Griffiths, 1999; Jenkins *et al.*, 1999). Les layons déjà existants ont servi de repère pour l'emplacement des transects. Chaque layon représente une piste principale (Figure 1). Au niveau de chaque site, dix transects ont été établis perpendiculairement à la piste principale traversant chaque bloc de telle sorte que cinq transects soient localisés dans la partie Est et cinq autres dans la partie Ouest au sein d'un même site (Figure 1).

Un transect consiste en trois lignes parallèles de 50 m, chacune distante de 25 m pour éviter le chevauchement de la zone d'observation entre deux lignes. Chaque transect est à leur tour espacé de 50 m (Figure 2). Le système de quadrillage constituant les sites a rendu aisé la mise en place des

transects. Le début ainsi que la fin de chaque ligne ont été marqués par un ruban coloré pour faciliter leur repérage et l'orientation lors des observations.

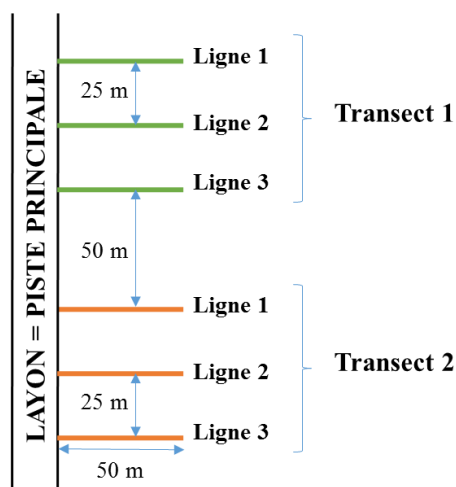


Figure 2 : Disposition des lignes de transects par rapport à la piste principale

Observations nocturnes le long des lignes de transects

Les caméléons sont des insectivores à mœurs diurnes qui se déplacent très lentement et qui sont dotés d'une capacité d'homochromie remarquable. Ce système de camouflage particulier les rend extrêmement difficiles à détecter pendant la journée (Randrianantoandro, 2007). Cependant, la nuit, ils perchent sur la végétation et arborent une couleur pâle (Parcher, 1974) ou vive selon les espèces. Ainsi, ils deviennent relativement faciles à repérer sous la lumière d'une lampe torche (Jenkins *et al.*, 1999).

La méthode d'observation suit celle conseillée par Brady & Griffiths en 1999 et en 2003 pour l'étude des caméléons à Madagascar. L'inspection a débuté dès que la nuit tombe, vers 19 heures et s'est achevée vers 23 heures à minuit en utilisant une lampe frontale et une lampe torche Maglite (Annexe 5). L'observation s'effectue en se déplaçant lentement le long de chaque ligne tout en cherchant minutieusement tous les caméléons présents dans une bande de six mètres de part et d'autre de l'itinéraire. Chacun des vingt transects a été visité huit fois au cours de la période d'étude en effectuant cinq transects par nuit. La visite des deux sites s'est fait de manière alternée afin de ne pas biaiser les résultats. En effet, les conditions climatiques influencent le rythme d'activité des caméléons, augmentant ou diminuant ainsi les chances de rencontrer un individu (Rabearivony *et al.*, 2007).

II.3.2.2- Observations générales

Afin d'obtenir des données supplémentaires sur le mode d'exploitation de l'habitat par les espèces, des lignes d'observations générales ont été établies en dehors des transects. La méthode

d'observation est la même dans ces lignes. Les recherches y sont conduites d'une manière opportuniste et la longueur des lignes varie beaucoup suivant la distance parcourue.

II.3.2.3- Capture, identification, biométrie, marquage et relâche des individus observés

Tous les individus observés ont été capturés à la main ou à l'aide d'un bambou s'ils perchent très haut en incitant l'animal à s'y agripper. Ensuite, chaque animal est mis séparément dans un pochon comportant un numéro individuel. Chaque perchoir a été marqué à l'aide d'un ruban coloré portant le même numéro pour permettre le relâche ultérieur de l'individu à l'endroit exact de sa capture. Le lendemain matin, les individus ont été identifiés à l'aide des clés, des illustrations et des notes descriptives dans Brygoo (1971, 1978), Glaw & Vences (2007) ainsi que des publications sur la description des espèces (ex. Jesu *et al.*, 1999). Après identification, différentes mesures morphométriques (Glaw & Vences, 2007) ont été effectuées sur chaque individu afin de déterminer les classes d'âge et le sex-ratio de chaque espèce (Figure 3). Les mesures prises sont la longueur du museau au cloaque (SVL = Snout-Vent Length), la longueur de la queue (TL = Tail Length) à l'aide d'un mètre ruban et la longueur casque-tête (CHL = Casque Head Length) à l'aide d'un pied à coulisse de 0,1 mm de précision (Annexe 5). Ensuite, ils ont été pesés à l'aide d'une balance de précision de marque Pesola de 50 g pour les individus de petite taille et de 100 g pour les individus de grande taille (0,1 g de précision). Enfin, ils ont été marqués avec du vernis blanc pour éviter tout recomptage (Annexe 5), avant d'être relâchés l'après-midi.



Figure 3 : Mesures morphométriques prises pour chaque individu de caméléon observé. CHL : Longueur casque-tête ; SVL : Longueur museau-cloaque ; TL : Longueur de la queue qui est ici enroulée autour du perchoir (cliché par Raselimanana M., 2018)

II.3.3- Distribution horizontale de la communauté de caméléons

La répartition spatiale sur le plan horizontal de la communauté de caméléons de la forêt sèche de Kirindy peut être définie par une analyse comparative de l'abondance relative de chaque espèce au sein des deux sites. Seuls les individus recensés dans les lignes de transects ont été tenus en compte pour cette analyse comparative. Ceci permettrait en outre de déterminer les préférences écologiques

de chaque espèce. En effet, la taille d'une population et la diversité d'une communauté sont directement influencés par les conditions écologiques du milieu, notamment les caractéristiques de l'habitat (Irwin *et al.*, 2010). Dans un environnement où les conditions écologiques sont favorables au développement d'une espèce, la taille de sa population devrait croître normalement et elle proliférerait conformément à la capacité de charge du milieu.

II.3.4- Distribution verticale de la communauté de caméléons

La distribution verticale de la communauté de caméléons dans la forêt sèche de Kirindy a été étudiée à partir de l'analyse de la répartition des espèces dans les différentes strates et de la détermination de leur mode d'utilisation du perchoir.

II.3.4.1- Distribution des espèces caméléons dans les strates

La hauteur de l'animal sur son perchoir a été mesurée à l'aide d'un télémètre laser (Annexe 5). Les données collectées permettent ainsi de déterminer le mode d'utilisation de l'habitat sur le plan vertical pour chaque espèce de caméléons. Bien que ces données aient été collectées la nuit et concernent donc l'utilisation de l'habitat pendant le repos, le site de repos peut être un bon indicateur de l'emplacement du site d'alimentation des caméléons, donc de leurs activités diurnes (Carpenter & Robson, 2005).

II.3.4.2- Caractérisation du perchoir

Pour chaque individu observé, les caractéristiques du perchoir ont été notées. Il s'agit du type de plante perchoir (plante herbacée, arbuste, arbre, liane), de la nature du perchoir (feuille, branche/pétiole, tige, feuille et branche/pétiole à la fois), de la hauteur et du diamètre de la plante, de l'état du perchoir (mort ou vivant) et de la condition d'exposition du perchoir par rapport au ciel (exposé, caché sous/par des feuilles, caché sous/par des branches) (Annexe 6). Cette approche permet d'obtenir des informations détaillées sur la préférence des espèces en termes de perchoir utilisé.

II.3.5- Analyse de la structure de la population de chaque espèce de caméléons

II.3.5.1- Détermination de la classe d'âge

Les individus capturés ont été classés en fonction de leur stade de développement (Jenkins *et al.*, 1999) : les nouveaux-éclos, les juvéniles, les subadultes et les adultes (Annexes 7, 8, 9 et 10). Les nouveaux-éclos se reconnaissent par leur petite taille, par leur tête qui est anormalement grosse par rapport au reste du corps ainsi que par la petite cicatrice au niveau de leur paroi abdominale marquant la connexion de l'embryon au vitellus au cours du développement embryonnaire.

Les juvéniles sont caractérisés par leur taille qui est plus grande par rapport à celle des nouveaux-éclos et par leur tête qui est proportionnelle au reste du corps. La cicatrice est toujours présente à ce stade. Par contre, elle n'est plus distincte chez les subadultes qui présentent déjà tous les caractéristiques morphologiques des adultes. Toutefois, leur taille est plus petite et ils ne sont pas encore sexuellement matures. Effectivement, leurs organes sexuels ne sont pas encore visibles ou bien développés. Pour certaines espèces, la coloration caractéristique des femelles adultes n'apparaît pas encore chez les subadultes (Annexes 7 et 8). Enfin, le stade adulte présente tous les caractères d'identification des adultes reproducteurs cités dans différentes littératures, entre autres Brygoo (1971, 1978), Jesu et ses collaborateurs (1999) et Glaw & Vences (2007).

Cette catégorisation basée sur les caractéristiques externes est étayée avec les données issues des mesures morphométriques, en particulier la SVL. Les catégories de longueur ont été établies à partir des observations sur le terrain en sus des informations sur la SVL des adultes dans Glaw & Vences (2007) (Tableau 4).

Tableau 4 : Catégorisation de chaque classe d'âge des caméléons observés dans la forêt sèche de Kirindy en fonction de la longueur museau-cloaque (SVL) en mm

Classe d'âge	<i>Brookesia brygooi</i>	<i>Furcifer labordi</i>	<i>Furcifer nicosiai</i>	<i>Furcifer oustaleti</i>
Jeunes éclos	—	≤ 35 mm	≤ 36 mm	—
Juvéniles	—	]35 - 60] mm	]36 - 75] mm	—
Subadultes	]32 - 40] mm	]60 - 70] mm	]75 - 85] mm	—
Adultes	> 40 mm	> 70 mm	> 85 mm	≥ 100 mm

D'autres méthodes comme la skeletochronological method (Andreone *et al.*, 2005) sont également pertinentes pour analyser la structure d'âge des caméléons. Toutefois, elles nécessitent un prélèvement de séries d'échantillons ainsi que des travaux de laboratoire utilisant la technologie moderne, ce qui s'avère impossible pour la présente étude.

II.3.5.2- Détermination du sexe des individus et du sex-ratio

Le sexe a été déterminé uniquement chez les subadultes et les adultes. Les mâles se distinguent par la présence d'une protubérance bien distincte à la base de leur queue due à la présence de l'hémipénis rétractile (Nečas, 1999) (Annexe 11). Certaines espèces présentent également un dimorphisme sexuel permettant de distinguer les deux sexes comme la présence d'appendice rostral

bien développé chez les mâles ou la couleur plus vive des femelles par exemple (Annexe 7). Le sex-ratio est obtenue par la formule suivante :

$$\text{Sex ratio} = \frac{\text{nombre d'individus mâles}}{\text{nombre d'individus femelles}}$$

Lorsque sa valeur est inférieure à 1, les femelles sont plus abondantes que les mâles. Dans le cas contraire, ce sont les mâles qui l'emportent. Lorsqu'elle est égale à 1, alors il y a autant de mâles que de femelles, autrement dit, le sex-ratio est en équilibre.

II.4- Méthode d'analyses et de traitement des données

La base de données a été établie et arrangée sur le logiciel Microsoft Excel 2016. Ce même logiciel a également été utilisé pour les représentations graphiques des résultats. En outre, afin de vérifier la véracité des hypothèses de recherche, les analyses statistiques ont été exécutées sur le logiciel R Studio version 3.5.1.

Le test de normalité a été effectué afin de vérifier si la distribution des données suit une loi normale ou non. Pour cela, le test de Shapiro-Wilk a été exécuté sur R Studio. La valeur $\alpha = 0,05$ a été prise comme seuil de probabilité d'erreur au-dessus duquel la distribution est normale et en-dessous duquel elle ne l'est pas. Pour le premier cas, les types de tests utilisés sont paramétriques alors qu'ils sont non paramétriques pour le second. Dans tous les cas, le même seuil $\alpha = 0,05$ a été pris. Ainsi, lorsque la valeur calculée de la probabilité obtenue p est $\leq 0,05$, la différence est significative entre les variables comparées et l'hypothèse nulle H_0 est rejetée. En opposition, si p est $> 0,05$, la différence n'est pas significative et l'hypothèse nulle H_0 est retenue.

II.4.1- Caractérisation de l'habitat

Le test t de Student a été utilisé afin de déterminer l'homogénéité de la structure de la végétation dans N5 et CS5 lorsque la distribution des données est normale et le test de Wilcoxon lorsque la distribution des données n'est pas normale. Aussi, l'hypothèse nulle serait que les variables caractéristiques de l'habitat (hauteur et degré de couverture de la canopée, épaisseur et taux de couverture de la litière, indice de lianes, nombre de bois coupés) des deux sites soient similaires.

II.4.2- Analyse de la distribution horizontale de la communauté

En vue d'obtenir une idée générale sur la taille de la population de chaque espèce dans la communauté, une estimation de leur abondance relative a été effectuée. Cette abondance relative s'obtient par la formule qui s'ensuit.

$$Ar = \frac{n_i}{N} \times 100 \quad \text{avec}$$

Ar : abondance relative d'une espèce i

n_i : nombre d'individus de l'espèce i

N : nombre total des individus de toutes les espèces

Afin de déterminer l'homogénéité de la distribution des caméléons dans N5 et CS5, le test t de Student a été utilisé pour les espèces dont les données sont normales et le test de Wilcoxon pour celles dont les données sont non normales. Dans ce cas, l'hypothèse nulle serait que la communauté de caméléons se distribue uniformément dans la forêt sèche de Kirindy.

II.4.3- Analyse de la distribution verticale de la communauté

Afin de déterminer l'uniformité de la répartition des caméléons dans les différentes strates, le test de Kruskal-Wallis a été effectué. Ce type de test non paramétrique s'applique pour comparer les moyennes ou les médianes entre plus de deux échantillons indépendants. Autrement dit, il permet de comparer les moyennes des hauteurs du perchoir des différentes espèces afin de connaître si la répartition de la communauté est similaire sur le plan vertical.

Pour vérifier si l'utilisation par chaque espèce des différents perchoirs disponibles est homogène, deux types de tests ont été choisis : le test de Kruskal-Wallis et le test de Wilcoxon. Lorsque la variable à tester présente plus de deux éléments comme le type de perchoir (4 éléments : plante herbacée, arbuste, arbre, liane), la nature du perchoir (4 éléments : feuille, branche/pétiole, tige, feuille et branche/pétiole à la fois), la hauteur et le diamètre du perchoir (classes de diamètre et de hauteur), la condition d'exposition du perchoir par rapport au ciel (5 éléments : exposé, caché sous/par des feuilles, caché sous/par des branches), le test de Kruskal-Wallis a été effectué. Par contre, pour tester la significativité de l'utilisation du perchoir par chaque espèce par rapport à son état (2 éléments : support vivant ou support mort), le test de Wilcoxon a été effectué. A chaque test de Kruskal-Wallis, un test post-hoc appelé test de Dunn a été exécuté afin de vérifier la significativité de la différence entre les variables ou échantillons comparés deux à deux. Ceci permet en effet de connaître lesquels des échantillons comparés présentent réellement une différence significative l'un de l'autre étant donné que le test de Kruskal-Wallis ne les précise pas.

II.4.4- Analyse de la structure de la population

Pour chaque espèce de caméléons, afin de connaître si la structure d'âge de la population reste similaire d'un site à un autre (N5 et CS5), le test de Wilcoxon a été utilisé. Dans ce cas, l'hypothèse nulle serait que pour chaque espèce au sein de la communauté, la composition de chaque classe d'âge ne varie pas dans les deux sites.

III. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

III.1- Caractéristiques de l'habitat

III.1.1- Répartition des plantes selon la hauteur et le Dbh

Le nombre de pieds d'arbres en fonction de la classe de hauteur est présenté par la figure 4 et celui par la classe de Dbh est montré par la figure 5. La répartition des arbres selon la classe de hauteur est à peu près la même dans les deux sites. Une dominance des individus de hauteur ≤ 2 m (80 %) et une faible représentation des arbres de hauteur > 8 m (0,4 %) sont constatées. Une différence est néanmoins observée quant aux nombres des individus ayant une hauteur ≤ 2 m. En effet, N5 compte plus de jeunes plantes ($n = 4039$) que CS5 ($n = 2553$). Toutefois, aucune différence significative sur l'abondance des jeunes plantes entre les deux sites n'a été statistiquement démontrée (Test de Wilcoxon : $W = 260$, $p = 0,11$). Ainsi, les deux sites sont similaires quant à la répartition des plantes en fonction de la hauteur.

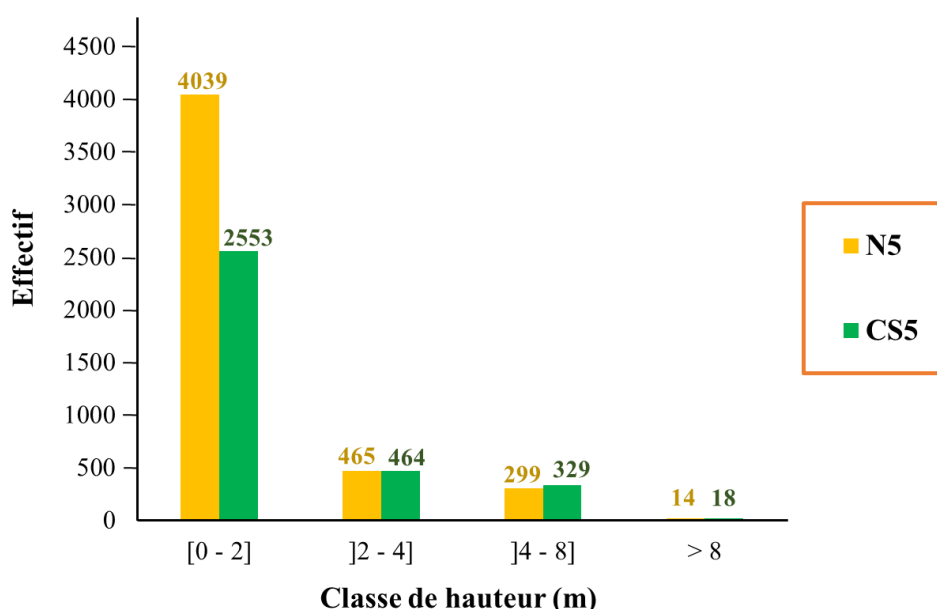


Figure 4 : Histogramme de la répartition des arbres dans chaque site d'étude (N5 et CS5) selon la classe de hauteur

La répartition des arbres selon la classe de Dbh est également à peu près identique dans les deux sites. En effet, que ce soit dans N5 ou CS5, les individus ayant un Dbh $> 2,5$ cm sont nettement moins abondants que ceux ayant un Dbh $\leq 2,5$ cm. Ces-derniers représentent plus de 70 % de la totalité des arbres classés dans chaque site. Autrement dit, le sous-bois, qui est constitué en majorité par des jeunes pousses et des arbustes encore en cours de croissance, est bien fourni dans N5 et CS5. Par ailleurs, au fur et à mesure que le Dbh augmente, le nombre d'individus diminue. Aussi, les grands arbres ayant un Dbh > 20 cm sont très faiblement représentés dans les deux sites et ne constituent que près de 0,5 % de la totalité des arbres. L'histogramme obtenu a alors une allure de J inversé. Ainsi,

les deux sites sont similaires quant à la répartition des plantes en fonction du Dbh et ils présentent tous les deux un bon potentiel de régénération. D'une manière générale, les deux sites représentent les mêmes types d'habitats compte tenu des caractéristiques de la formation végétale.

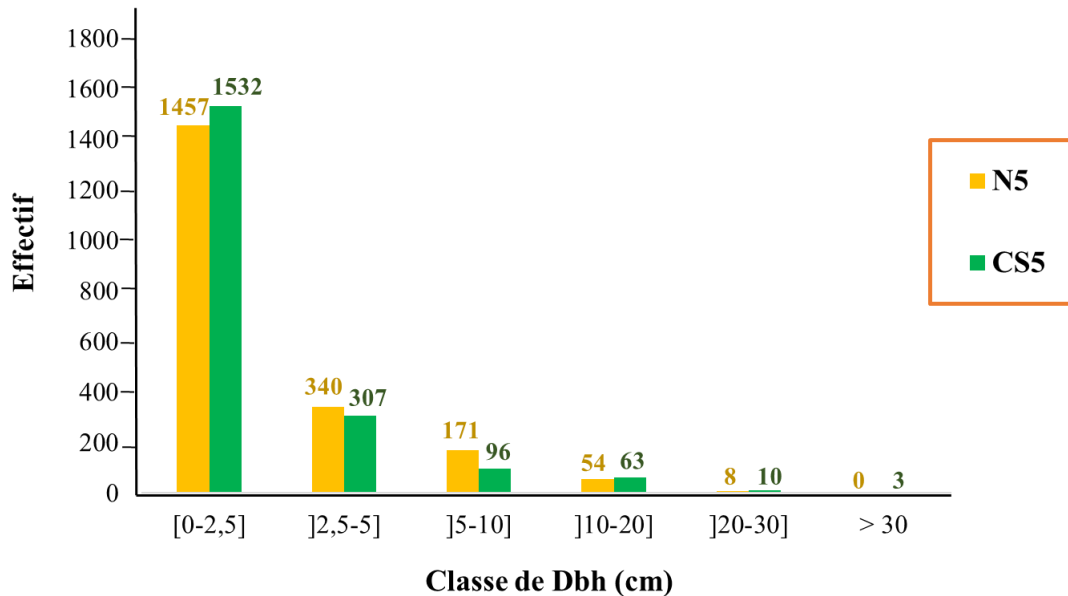


Figure 5 : Histogramme de la répartition des arbres dans chaque site d'étude (N5 et CS5) selon la classe de Dbh

III.1.2- Caractéristiques de la canopée et de la litière, nombre de bois coupés et indice de liane

Les données concernant la hauteur et le degré de couverture de la canopée, le taux de couverture et l'épaisseur de la litière, le nombre de bois coupés ainsi que l'indice de liane sont des moyennes ($\pm$ erreur standard, voir annexe 12 pour la formule) de relevés dans les plots (Tableau 5).

La canopée est plutôt basse (environ 6 à 7 m) dans les deux sites. Elle est de nature semi-ouverte dans CS5 (51 à 70 %) mais relativement fermée dans N5 (71 à 90 %). En outre, la litière couvre près de la totalité du sol et les lianes sont abondantes (indice de liane entre 2 à 3) dans les deux sites. Enfin, ils se caractérisent par une présence de bois coupés et une litière d'épaisseur moyenne (6 à 8 cm et plus).

Les résultats des tests statistiques sont présentés dans le tableau 5. Ainsi, le test de Wilcoxon a révélé une différence significative pour l'épaisseur de la litière dans les deux sites ($W = 122$, $p = 0,03$) ainsi que pour le nombre de bois coupés ($W = 53,5$, $p < 0,001$). Effectivement, CS5 présente une litière plus épaisse que N5 et compte un nombre plus important de bois coupés. Par conséquent, les deux sites possèdent les mêmes caractéristiques écologiques mais CS5 se distingue par une litière plus épaisse et un niveau de perturbation plus élevé.

Tableau 5 : Moyenne ($\pm$ erreur standard) de chaque variable caractéristique de l'habitat et comparaison de ces variables entre les deux sites d'étude (Test *t* de Student (*p* *) pour les données normales et test de Wilcoxon (*p* **) pour les données non normales ; *N* : nombre de plots ; niveau de significativité : NS pour différence non significative et S pour différence significative)

Variables	N5 (N=10)	CS5 (N=10)	<i>p</i>	Niveau de significativité
Hauteur de la canopée (m)	6,18 $\pm$ 0,31	7,00 $\pm$ 0,38	0,10*	NS
Couverture de la canopée (%)	75,35 $\pm$ 1,96	68,90 $\pm$ 3,19	0,20**	NS
Couverture de la litière (%)	99,50 $\pm$ 0,50	99,90 $\pm$ 0,10	1**	NS
Epaisseur de la litière (cm)	6,55 $\pm$ 0,49	8,52 $\pm$ 0,67	0,03**	S
Bois coupés	0,30 $\pm$ 0,13	1,90 $\pm$ 0,28	< 0,001**	S
Indice de liane	2,65 $\pm$ 0,17	2,55 $\pm$ 0,17	0,67**	NS

III.1.3- Taux de recouvrement

Le taux de recouvrement de chaque strate est présenté par la figure 6. La formation végétale dans les deux sites présente trois strates : une strate basse ou inférieure (hauteur $\leq$ 4 m), une strate moyenne (]4 – 8] m) et une strate supérieure (hauteur $>$ 8 m). Le recouvrement de chaque strate est relativement identique dans les deux sites. La strate inférieure est peu ouverte étant donné que le taux de recouvrement est supérieur à 75 %, indiquant ainsi un sous-bois bien fourni. Les arbres de hauteur comprise entre]4 – 6] m forment une strate semi-ouverte (50 à 75 %) et ceux dont la hauteur est comprise entre]6 – 8] m forment une strate ouverte (25 à 50 %). Le recouvrement de la strate moyenne n'est donc pas uniforme mais il varie selon la hauteur des arbres et ceci est valable dans les deux sites. La strate supérieure est la plus ouverte avec un taux de recouvrement qui diminue progressivement lorsque la hauteur des arbres augmente.

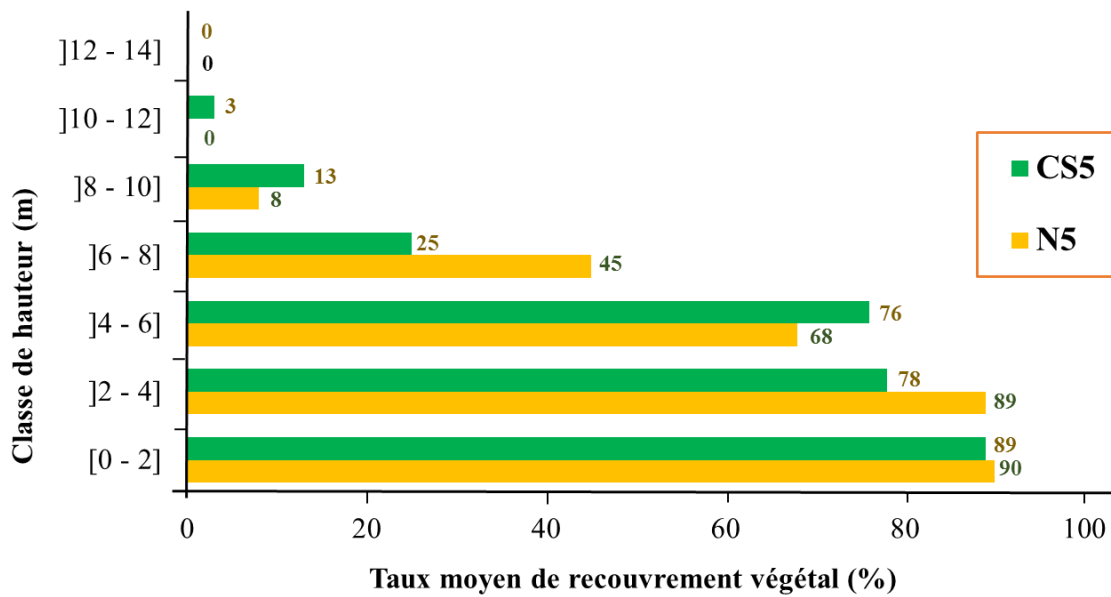


Figure 6 : Diagramme de recouvrement végétal de chaque strate au sein des deux sites d'étude (N5 et CS5) de la forêt sèche de Kirindy

Ainsi, la majorité des caractéristiques de l'habitat, entre autres la répartition des plantes selon le Dbh et la hauteur, la hauteur et le degré de couverture de la canopée, la couverture de la litière, l'indice de liane ainsi que le recouvrement global de chaque strate sont similaires dans les deux sites. N5 et CS5 sont de ce fait écologiquement identiques, ce qui confirme l'hypothèse nulle H_{01} stipulant que la structure de la végétation soit homogène dans les deux sites. Néanmoins, ils se distinguent au niveau de l'épaisseur de la litière et du nombre de bois coupés (Tableau 5). En effet, CS5 est caractérisé par un habitat plus perturbé et à litière plus épaisse par rapport à N5.

III.2- Distribution horizontale de la communauté de caméléons

Avec 96 heures d'observations nocturnes dans les transects et environ 48 heures d'observations générales, l'effort d'échantillonnage totalise environ 144 heures. Au total 357 caméléons appartenant à quatre espèces ont été observés dont 242 individus le long des 3 km de transects et 115 individus le long des lignes d'observations générales. La communauté de caméléons de la forêt sèche de Kirindy est composée d'une espèce de caméléon nain *Brookesia brygooi* et de trois espèces de vrais caméléons dont *Furcifer labordi*, *F. nicosiai* et *F. oustaleti*.

L'abondance relative de chaque espèce au sein de N5 et CS5 est illustrée par la figure 7. Les quatre espèces recensées sont toutes présentes dans CS5 mais *Furcifer oustaleti* est absente dans N5. *Furcifer labordi* ($n = 110$) est la plus abondante dans les deux sites avec une abondance relative de

48,04 % ($n = 49$) dans N5 et de 43,57 % ($n = 61$) dans CS5 alors que l'espèce la plus rare est *F. oustaleti* (soit 2,86 %, $n = 4$) qui n'a été observée que dans CS5.

A l'issu des tests statistiques, les résultats obtenus pour les espèces dont la distribution des données n'est pas normale sont : *Brookesia brygooi* (Test de Wilcoxon : $W = 58$, $p = 0,56$), *F. labordi*, ($W = 4$, $p = 0,52$), et *F. oustaleti* ($W = 30$, $p = 0,03$), tandis que pour celle dont la distribution des données est normale est : *F. nicosiai* (Test t de Student : $t = -2,95$, $ddl = 18$, $p = 0,008$). Ainsi, les différences ne sont significatives que pour *F. nicosiai* qui est alors plus abondante dans CS5 que dans N5 et pour *F. oustaleti* qui est absente dans N5.

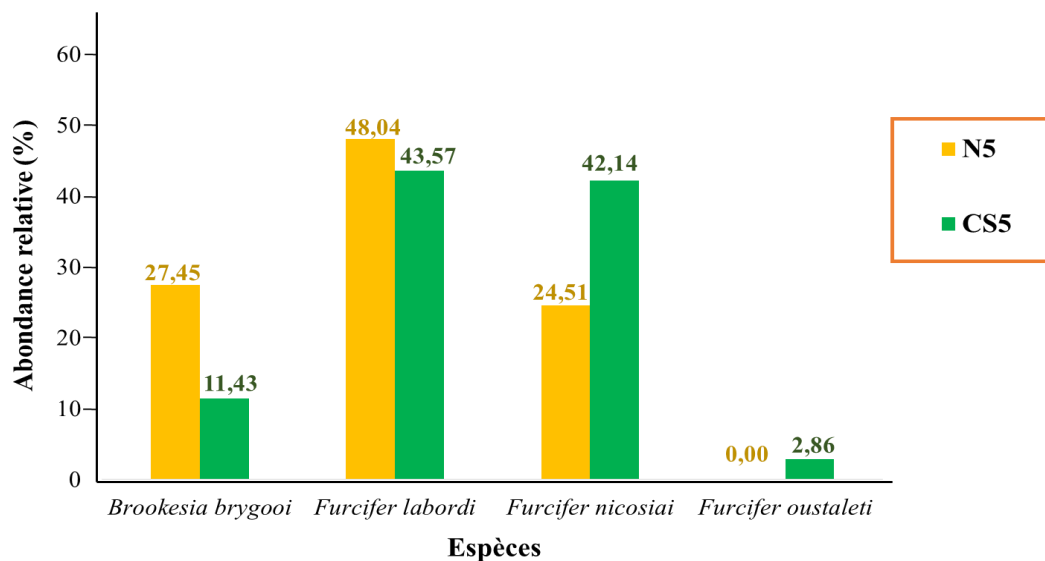


Figure 7 : Histogramme de l'abondance relative des caméléons au sein des deux sites d'étude (N5 et CS5) de la forêt sèche de Kirindy

Par conséquent, *B. brygooi* et *F. labordi* se distribuent uniformément au sein la forêt sèche de Kirindy, confirmant l'hypothèse nulle H_{02} selon laquelle la diversité spécifique de la communauté de caméléons est identique dans les deux sites d'étude. Autrement dit, ces deux espèces ne semblent pas avoir une préférence en habitat. Par contre, la différence significative de la distribution de *F. nicosiai* et de *F. oustaleti* dans N5 et CS5 suggère qu'elles ont vraisemblablement une préférence écologique en termes d'habitat, rejetant l'hypothèse nulle H_{02} pour ces deux espèces.

III.3- Distribution verticale de la communauté de caméléons

III.3.1- Utilisation des strates

La figure 8 visualise la répartition des caméléons sur le plan vertical en fonction de la hauteur du perchoir qu'ils utilisent. Les résultats sommaires sont présentés en annexe 13. Ainsi, *Brookesia brygooi* perche généralement plus bas, près du sol, comparé aux trois autres espèces de caméléons.

En outre, la gamme de hauteur qu'elle utilise ne varie pas trop. Elle est en moyenne 23 cm de haut et dépasse rarement 1 m. En opposition, le perchoir de *F. labordi* présente une large variation allant de 1,2 m à 3,8 m pour la majorité des individus malgré la présence de valeur minimale (20 cm) et maximale (6 m). La gamme de hauteur utilisée généralement par *F. nicosiai* se chevauche avec celle utilisée par *F. labordi* mais présente une variation plus faible, allant de 1,8 m à 3,5 m. Enfin, *F. oustaleti* semble percher plus haut par rapport aux autres espèces, avec une hauteur moyenne de 4,1 m. De plus, aucun individu de cette espèce n'a été observé à moins de 2 m du sol. La distribution verticale des caméléons selon la hauteur de leur perchoir est statistiquement différente (Test de Kruskal-Wallis : $\chi^2 = 141,18$, $ddl = 3$, $p < 0,001$) signifiant que chaque espèce fréquente une gamme de hauteur déterminée. Néanmoins, le test post-hoc de Dunn (Annexe 14) n'a pas soutenu cette différence entre *F. nicosiai* et *F. oustaleti* ($Z = 2,15$, $p = 0,19$), signifiant que la distribution de ces deux espèces est similaire compte tenu de la hauteur de leur perchoir.

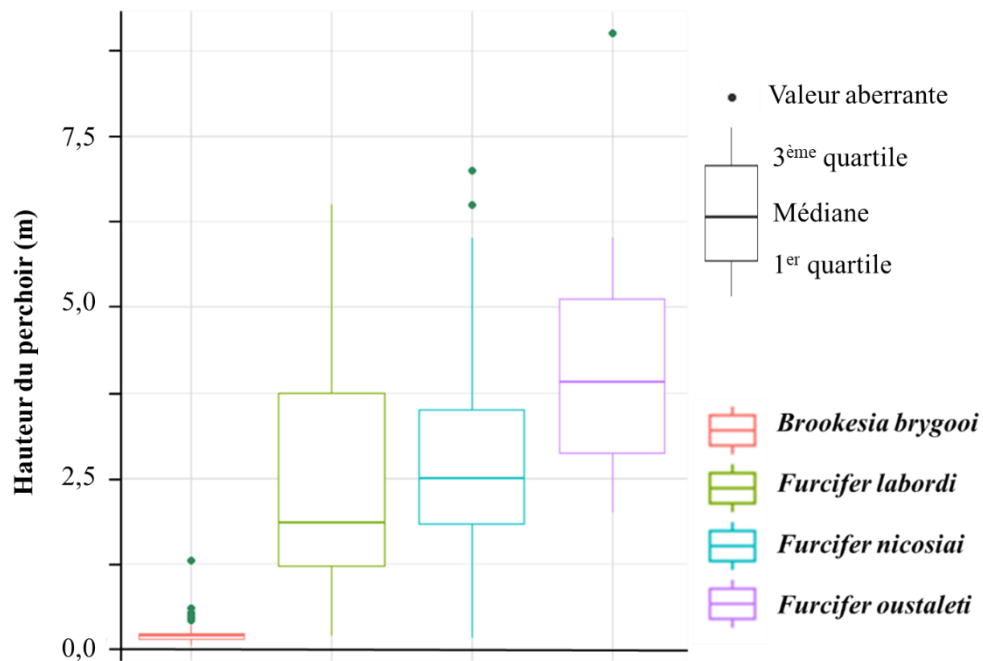


Figure 8 : Hauteur du perchoir des caméléons dans la forêt sèche de Kirindy

Afin de connaître le mode d'exploitation de chaque espèce des différentes strates verticales, la figure 9 présente la répartition des caméléons dans ces strates. Ainsi, la majorité des individus, toutes espèces confondues, ont été observés au niveau de la strate inférieure. En effet, plus de 80 % des caméléons observés se sont trouvés à une hauteur de moins de 4 m, où le pourcentage de recouvrement est supérieur à 78 %. Par contre, moins de 2 % des individus ont été observés au-delà de 8 m, c'est-à-dire au niveau de la strate supérieure, où le pourcentage de recouvrement est inférieur à 13 %. Néanmoins, chaque espèce semble exploiter une strate particulière. *Brookesia brygooi* a

exclusivement été observée au niveau de la strate basse (taux de recouvrement = 90 %), tandis que la majorité de *F. oustaleti*, soit 44 %, a été observé dans la strate moyenne (taux de recouvrement = 68 à 76 %). C'est la seule espèce répertoriée à plus de 8 m de hauteur, bien qu'à faible abondance (6 %). En outre, en dépit du fait que *F. labordi* et *F. nicosiai* ont été observés entre 0 à 8 m de haut, la majorité des individus, soit respectivement 54 % et 50 % ont été trouvés au niveau de la strate inférieure avec un taux de recouvrement d'environ 90 % pour *F. labordi* et de 78 à 89 % pour *F. nicosiai*.

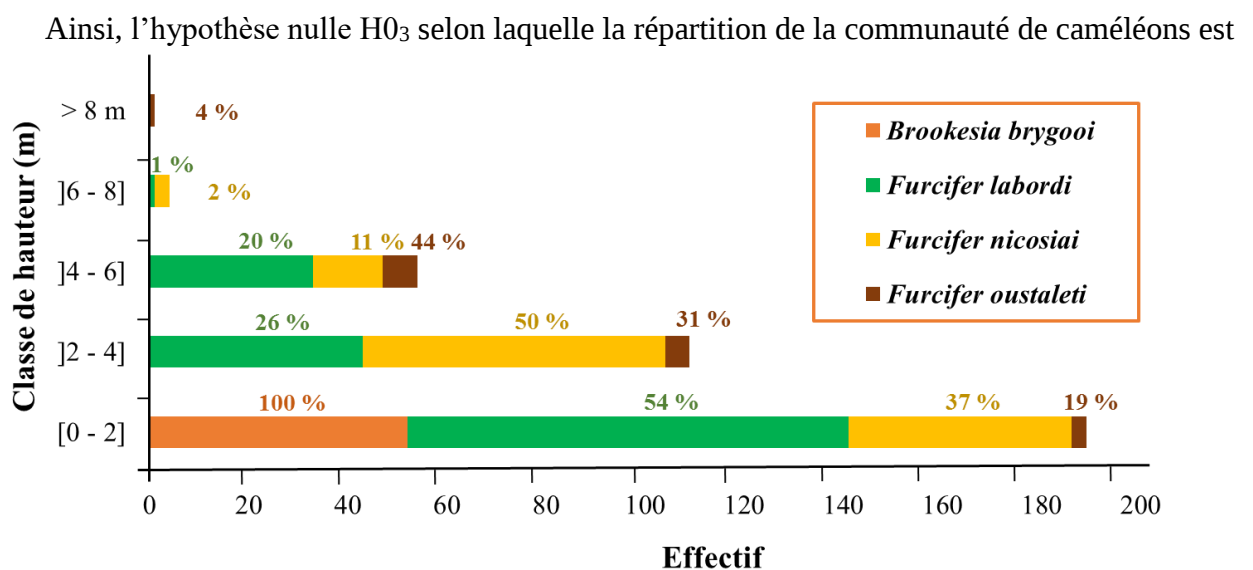


Figure 9 : Histogramme montrant la distribution des caméléons au niveau des strates dans la forêt sèche de Kirindy

uniforme dans les différentes strates est rejetée. Les caméléons diffèrent dans leur utilisation de la forêt sur le plan vertical, chaque espèce au sein de la communauté arborant une structure verticale bien définie dans la forêt sèche de Kirindy.

III.3.2- Utilisation du perchoir

III.3.2.1- Type de plante perchoir

Le pourcentage d'utilisation des différents types de perchoir, à savoir la plante herbacée, les arbustes, les arbres ainsi que les lianes est illustré par la figure 10. Ainsi, *Brookesia brygooi* perche majoritairement sur les plantes herbacées (90 %) et jamais sur les arbres. En opposition, aucun individu de *Furcifer oustaleti* n'a été observé sur une plante herbacée mais soit généralement sur un arbre (44 %), soit sur un arbuste (44 %). La majorité de *F. labordi* et de *F. nicosiai*, respectivement 57 % et 64 % utilisent les arbustes. Toutefois, *F. labordi* utilise moins fréquemment les lianes (9 %) tandis que *F. nicosiai* utilise rarement les plantes herbacées et les lianes (2 %).

D'ailleurs, le test de Kruskal-Wallis a confirmé la différence d'utilisation du type de perchoir pour : *Brookesia brygooi* ($\chi^2 = 27,83$, $ddl = 2$, $p < 0,001$), *F. labordi* ($\chi^2 = 17,00$, $ddl = 3$, $p = 0,001$) et *F. nicosiai* ($\chi^2 = 28,25$, $ddl = 3$, $p < 0,001$). Néanmoins, le test de Dunn (Annexe 14) n'a pas montré de différence significative sur l'utilisation des arbustes ou des arbres en tant que perchoir par *F. labordi* et *F. nicosiai*. Cela signifie qu'ils perchent majoritairement soit sur les arbustes soit sur les arbres. Quant à *F. oustaleti*, bien qu'aucun individu n'ait été observé sur les plantes herbacées, elle utilise indifféremment les autres perchoirs disponibles à savoir les arbres, les arbustes et les lianes (test de Kruskal-Wallis : $\chi^2 = 2,11$, $ddl = 2$, $p = 0,35$). En résumé, les espèces de caméléons exploitent différemment les perchoirs disponibles et chacune présente une préférence particulière pour un ou des types de perchoirs définis.

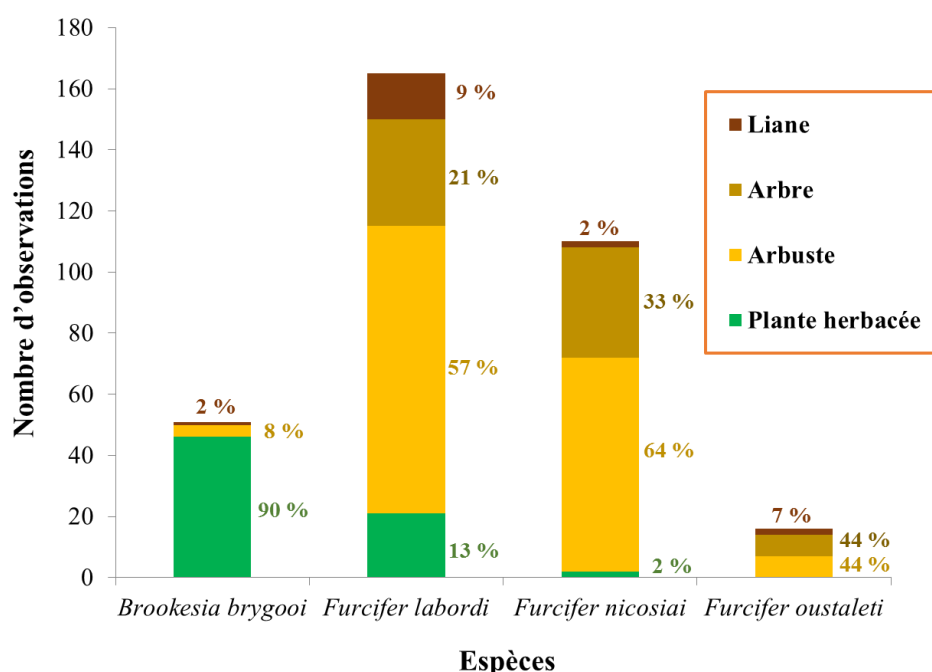


Figure 10 : Histogramme montrant l'utilisation des différents types de plantes comme perchoir par les caméléons de la forêt sèche de Kirindy

III.3.2.2- Nature du perchoir

La figure 11 présente à quel pourcentage chaque espèce de caméléons utilise les différentes parties de la plante choisie comme perchoir. La majorité de *Brookesia brygooi* utilise les pétioles et les feuilles à la fois (37 %) et rarement la tige (4 %). C'est la seule espèce qui a d'ailleurs été observée sur une feuille. *Furcifer labordi* et *F. nicosiai* perchent presque exclusivement, soit respectivement 98 % et 97 %, sur une branche/pétiole. Quant à *F. oustaleti*, elle n'exploite que les branches de la plante où elle perche.

Les résultats du test de Kruskal-Wallis pour *B. brygooi* ($\chi^2 = 9,99$, $ddl = 3$, $p = 0,02$), *F. labordi* ($\chi^2 = 68,08$, $ddl = 3$, $p < 0,001$) et *F. nicosiai* ($\chi^2 = 58,24$, $ddl = 3$, $p < 0,001$) se sont d'ailleurs révélés significatifs. Ainsi, les caméléons perchent différemment sur les parties de la plante perchoir, suggérant la présence d'une préférence particulière pour une ou des parties définies.

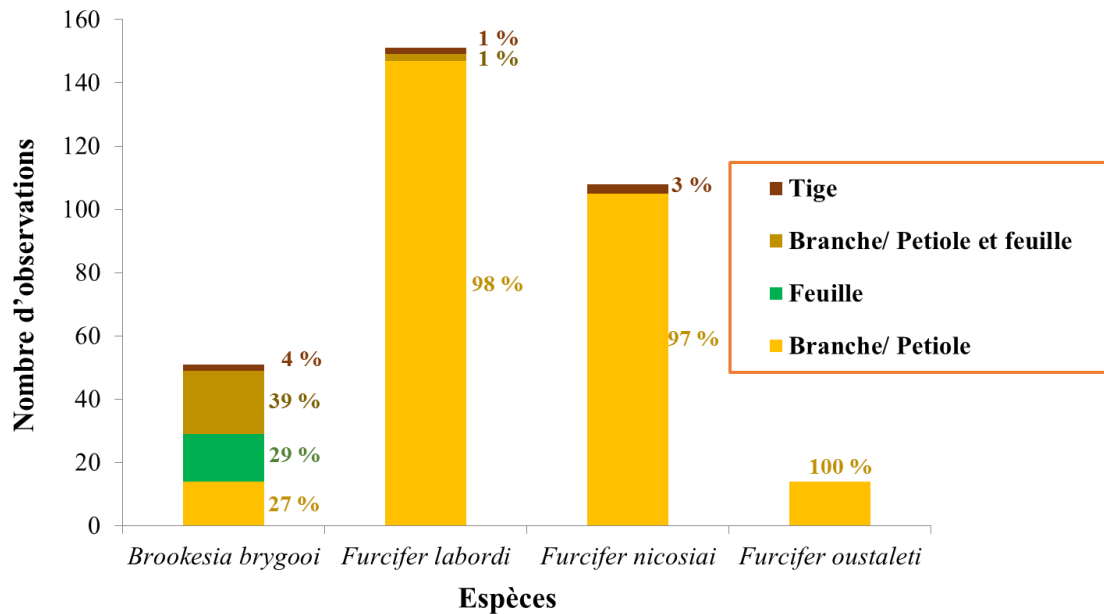


Figure 11 : Histogramme montrant l'utilisation des différentes parties de la plante perchoir par les caméléons de la forêt sèche de Kirindy

III.3.2.3- Hauteur et diamètre de la plante

La figure 12A illustre le pourcentage des types de plantes utilisées comme perchoir en fonction de leur classe de hauteur, tandis que la figure 12B présente celui en fonction de leur classe de Dbh. La majorité des individus recensés, toutes espèces confondues, perchent sur des plantes de hauteur ≤ 8 m et de Dbh $\leq 2,5$ cm. Par contre, rares sont ceux qui perchent sur des plantes de plus de 8 m de haut et de plus de 10 cm de Dbh.

Brookesia brygooi perche exclusivement sur des plantes de hauteur ≤ 2 m et de Dbh $\leq 2,5$ cm. Par contre, *F. oustaleti* perche uniquement sur des plantes de plus de 2 m de haut, surtout celles comprise entre]4 – 8] m (57 %) et dont le Dbh est compris entre]2,5 – 5] cm (36 %). Toutefois, le résultat du test de Kruskal-Wallis montre une utilisation statistiquement similaire par *F. oustaleti* des plantes de plus de 2 m de haut ($\chi^2 = 4,69$, $ddl = 2$, $p = 0,10$) quel que soit leur classe de Dbh ($\chi^2 = 4,57$, $ddl = 5$, $p = 0,48$).

Furcifer labordi utilise à peu près de la même manière les plantes de moins de 8 m de haut tandis que *F. nicosiai* exploite majoritairement celles de]2 – 8] m de haut. Une utilisation statistiquement similaire des plantes de hauteur ≤ 8 m est d'ailleurs confirmée pour *F. labordi*

($\chi^2 = 1,24$, $ddl = 2$, $p = 0,54$) tandis qu'une utilisation statistiquement différente l'est pour *F. nicosiai* ($\chi^2 = 28,52$, $ddl = 3$, $p < 0,001$). En outre, ces deux espèces exploitent surtout les plantes dont le Dbh est compris entre $[0 - 2,5]$ cm avec un pourcentage d'utilisation de 64 % pour *F. labordi* et 55 % pour *F. nicosiai*. D'ailleurs, cette différence d'utilisation des plantes par rapport à leur classe de Dbh est statistiquement soutenue pour *F. labordi* ($\chi^2 = 37,32$, $ddl = 3$, $p < 0,001$) et pour *F. nicosiai* ($\chi^2 = 21,91$, $ddl = 3$, $p < 0,001$).

Il existe ainsi une variation quant à la hauteur et le Dbh des plantes choisies comme perchoir par les caméléons. Ces-derniers semblent ainsi présenter une préférence particulière pour des plantes d'une classe de hauteur et de Dbh définies.

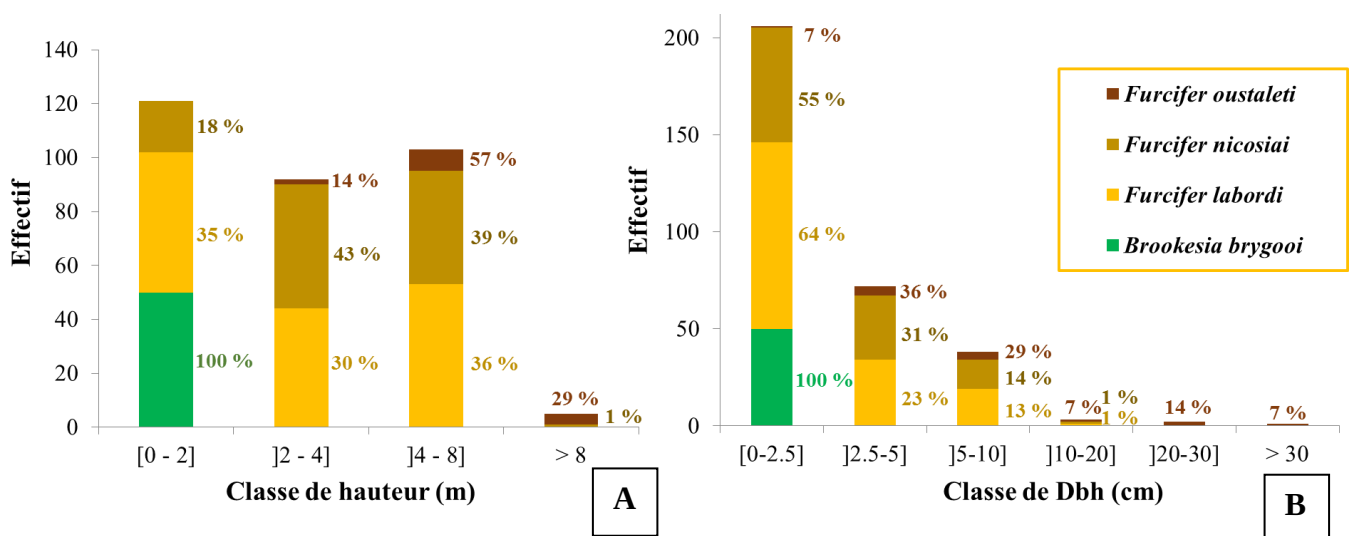


Figure 12 : Histogramme montrant l'utilisation de la plante perchoir par les caméléons de la forêt sèche de Kirindy en fonction de la classe de hauteur (A) et de la classe de Dbh (B)

III.3.2.4- Etat du perchoir

Le tableau 6 présente le pourcentage d'utilisation du perchoir par les caméléons selon leur état qui est considéré comme mort ou vivant. *F. nicosiai* et *F. oustaleti* utilisent uniquement des plantes encore vivantes comme perchoir tandis que *B. brygooi* et *F. labordi* ont été observés à la fois sur des plantes mortes et sur des plantes vivantes. Cependant, plus de 98 % des individus observés perchent sur une plante vivante tandis que moins de 2 % perchent sur une plante morte. Cette différence d'utilisation du perchoir est statistiquement significative pour *B. brygooi* (Test de Wilcoxon : $W = 372,5$, $p < 0,001$) et pour *F. labordi* (Test de Wilcoxon : $W = 439$, $p < 0,001$).

Tableau 6 : Pourcentage d'utilisation du perchoir en fonction de sa nature par les caméléons de la forêt sèche de Kirindy (n : nombre d'observations)

Espèces \ Etat	Perchoir vivant	Perchoir mort	n
<i>Brookesia brygooi</i>	98,08 %	1,82 %	52
<i>Furcifer labordi</i>	98,80 %	1,20 %	166
<i>Furcifer nicosiai</i>	100 %	0 %	123
<i>Furcifer oustaleti</i>	100 %	0 %	16

III.3.2.5- Condition d'exposition du perchoir par rapport au ciel

En notant l'exposition du perchoir des caméléons par rapport au ciel, les classes suivantes ont été distinguées : perchoir exposé directement au ciel, perchoir caché sous le feuillage ou caché sous les branchages et perchoir caché dans le feuillage ou caché dans les branchages. Le pourcentage d'utilisation du perchoir par rapport à ces classes d'exposition est présenté dans la figure 13. La majorité des individus de *Brookesia brygooi* (79 %) ont été observés sur des perchoirs exposés mais aucun sur des perchoirs cachés par/sous les branchages. Par contre, *F. labordi* utilise à peu près à la même fréquence les perchoirs exposés (39 %) ou cachés par (27 %) ou sous (31 %) le feuillage. Elle utilise rarement les perchoirs cachés par (1 %) ou sous les branches (2 %). De même, *F. nicosiai* exploite rarement ceux cachés par (2 %) ou sous (3 %) les branchages mais généralement des perchoirs exposés (46 %). Quant à *F. oustaleti*, elle a été uniquement observée sur des perchoirs exposés (38 %) ou cachés sous le feuillage (63 %).

A l'issue du test de Kruskal-Wallis, les résultats pour *Brookesia brygooi* ($\chi^2 = 39,81$, $ddl = 4$, $p < 0,001$), *F. labordi* ($\chi^2 = 47,41$, $ddl = 4$, $p < 0,001$), *F. nicosiai* ($\chi^2 = 37,02$, $ddl = 4$, $p < 0,001$) et *F. oustaleti* ($\chi^2 = 11,16$, $ddl = 4$, $p = 0,02$) ont révélé une différence significative quant à l'utilisation des perchoirs par les caméléons selon leur condition d'exposition par rapport au ciel. Ainsi, il existe une préférence particulière par rapport à l'exposition du perchoir pour chaque espèce au sein de la communauté.

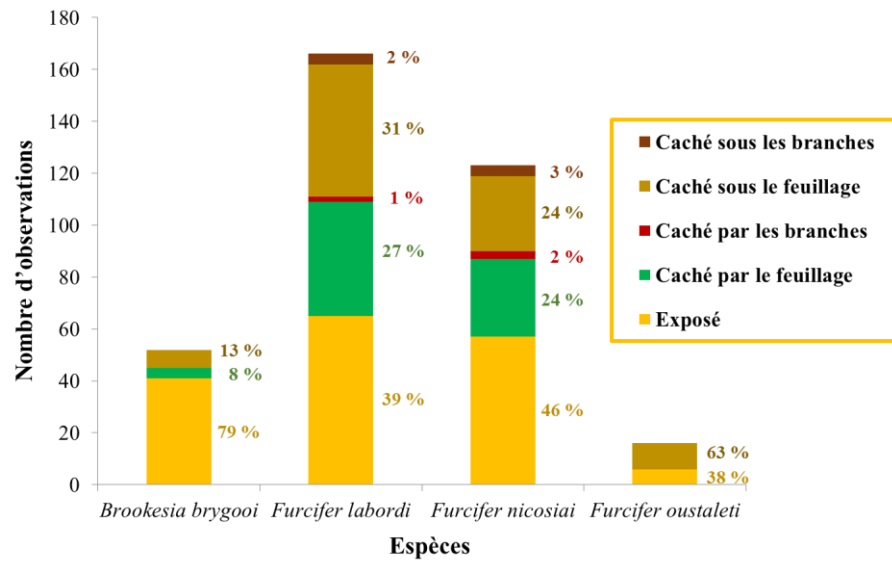


Figure 13 : Histogramme montrant l'utilisation du perchoir en fonction de sa condition d'exposition par les caméléons de la forêt sèche de Kirindy

Par conséquent, l'hypothèse nulle H_{04} selon laquelle les caméléons utilisent indifféremment les perchoirs disponibles est rejetée. Ils choisissent leur perchoir en prenant compte du type de végétation, de la partie de la plante perchoir elle-même, de la hauteur et du Dbh de la plante, de son état mais également des conditions d'exposition du perchoir par rapport au ciel.

III.4- Structure de la population des espèces de caméléons

La structure démographique de la population de chaque espèce de caméléons de Kirindy est présentée dans le tableau 7. Durant la période d'étude, tous les stades de développement allant des nouveaux-éclos aux adultes ont été observés pour *Furcifer labordi* et *F. nicosiai*. Cependant, la majorité des individus rencontrés est constituée par des adultes pour *F. labordi* (0,48) au détriment des nouveaux-éclos qui ne représentent qu'une proportion de 0,06 dans la population. Quant à *F. nicosiai*, près de la moitié des individus observés est constituée par des juvéniles (0,45).

En outre, aucun nouveau-éclos ni de juvénile n'a été observé pour *Brookesia brygooi* dont l'abondance des subadultes et des adultes ne diffère pas de manière significative (Test de Wilcoxon : $W = 224$, $p = 0,49$). Concernant *F. oustaleti*, la population est composée exclusivement d'adultes (Tableau 7). D'une manière générale, les femelles sont plus abondantes que les mâles sauf chez *F. nicosiai* (sex-ratio = 1,77) où plus de mâles composent la population comparée aux femelles.

Tableau 7 : Structure démographique des caméléons de Kirindy CNFEREF, tous sites confondus (*n* : effectif ; NE : nouveaux-éclos, J : juvéniles, SA : subadultes, A : adultes ; F : femelles, M : mâles)

Espèces	Proportion par classe d'âge					Proportion par sexe			Sex-ratio
	<i>n</i>	NE	J	SA	A	<i>n</i>	F	M	
<i>Brookesia brygooi</i>	44	0,00	0,00	0,59	0,41	44	0,73	0,27	0,38
<i>Furcifer labordi</i>	110	0,06	0,24	0,22	0,48	77	0,56	0,44	0,79
<i>Furcifer nicosiai</i>	84	0,12	0,45	0,19	0,24	36	0,36	0,64	1,77
<i>Furcifer oustaleti</i>	4	0,00	0,00	0,00	1,00	4	0,75	0,25	0,33

Pour la comparaison inter-sites de la structure démographique des espèces (Tableau 8), *Furcifer oustaleti* n'a pas été pris en compte étant donné qu'elle n'a été observée que dans CS5. Ainsi, l'abondance des individus de chaque classe d'âge est très voisine dans les deux sites sauf pour les juvéniles de *Furcifer nicosiai* avec une proportion de 0,40 dans CS5 contre 0,05 dans N5. Cette différence a d'ailleurs été soutenue statistiquement (Test de Wilcoxon : $W = 9$, $p = 0,001$). Par ailleurs, une comparaison de la valeur du sex-ratio de ces trois espèces a révélé que quel que soit le site, les femelles sont plus abondantes par rapport aux mâles pour *B. brygooi* et pour *F. labordi* tandis que ce sont les mâles qui l'emportent pour *F. nicosiai*.

Tableau 8 : Structure démographique des caméléons de Kirindy CNFEREF au niveau de chaque site (N5 et CS5) (*n* : effectif ; NE : nouveaux-éclos, J : juvéniles, SA : subadultes, A : adultes ; F : femelles, M : mâles)

Espèces	Sites	Proportion par classe d'âge					Proportion par sexe			Sex-ratio
		<i>n</i>	NE	J	SA	A	<i>n</i>	F	M	
<i>Brookesia brygooi</i>	N5	28	0,00	0,00	0,32	0,32	28	0,71	0,29	0,40
	CS5	16	0,00	0,00	0,27	0,09	16	0,75	0,25	0,33
<i>Furcifer labordi</i>	N5	49	0,03	0,09	0,13	0,20	49	0,53	0,47	0,89
	CS5	61	0,04	0,15	0,09	0,28	61	0,61	0,39	0,64
<i>Furcifer nicosiai</i>	N5	25	0,06	0,05	0,12	0,07	25	0,38	0,63	1,67
	CS5	59	0,06	0,40	0,07	0,17	59	0,35	0,65	1,86

Par conséquent, l'hypothèse nulle H_{05} stipulant que la structure de la population des espèces de caméléons soit la même dans les deux sites d'étude est retenue pour *Brookesia brygooi* et pour *F. labordi*. Par contre, la structure d'âge de la population diffère au niveau de N5 et de CS5 pour *F. nicosiai* tandis que le sex-ratio demeure similaire d'un site à l'autre.

IV. DISCUSSION

Distribution horizontale de la communauté de caméléons

Au cours des investigations nocturnes, quatre espèces de caméléons sympatriques ont été observées dans la forêt sèche de Kirindy parmi lesquelles un caméléon nain *Brookesia brygooi* et trois vrais caméléons qui sont *Furcifer labordi*, *F. nicosiai* et *F. oustaleti*. L'espèce la plus abondante est *F. labordi* qui se répartit uniformément au sein de N5 et CS5, suivie de *F. nicosiai* qui présente une abondance plus élevée dans CS5, puis de *B. brygooi* dont l'abondance relative reste aussi similaire d'un site à l'autre. L'espèce la plus rare est *F. oustaleti* qui n'a pas été observée dans N5.

La différence de diversité dans les deux sites peut être reliée aux exigences écologiques de chaque espèce vis-à-vis des caractéristiques de l'habitat. Il a d'ailleurs été démontré que malgré que N5 et CS5 forment deux blocs forestiers contigus et écologiquement homogènes, elles présentent néanmoins quelques dissemblances. Ainsi, CS5 se distingue par une canopée semi-ouverte, une litière plus épaisse et un nombre de bois coupés beaucoup plus important tandis que N5 se caractérise par une canopée relativement fermée, une litière plus mince et moins de bois coupés. N5 et CS5 ont subi une coupe sélective entre 1978 et 1993 et du bois y sont toujours prélevés en plus de l'abattage des grands arbres pour la récolte de miel (Raselimanana M., observation personnelle). Les vides laissés par ces exploitations peuvent influencer le degré de couverture de la canopée. Comme le volume moyen d'arbre abattu dans CS5, qui est de 8,67 m³/ha, représente plus du double de celui de N5, qui est de 3,11 m³/ha, CS5 a donc été plus intensément exploité que N5 (Raharivololona, 1996). Aussi, ceci pourrait expliquer le fait que la canopée de CS5 soit semi-ouverte et qu'elle constitue un milieu forestier à degré de perturbation plus important que N5.

Les caractéristiques des habitats peuvent influencer la répartition des caméléons au niveau des deux sites. Toutefois, comme *Furcifer labordi* et *B. brygooi* se distribuent uniformément dans N5 et CS5, elles ne présentent donc pas de préférences écologiques particulières en termes d'habitat au sein de la forêt. Elles sont plus généralistes. Néanmoins, *F. oustaleti* qui est également une espèce généraliste n'a été observée que dans CS5. En effet, c'est une espèce souvent associée aux formations forestières ouvertes et dégradées mais rare à l'intérieur des forêts intactes (Lethinen *et al.*, 2003), ce qui pourrait expliquer son absence dans N5 où le milieu forestier est moins perturbé. Selon Irwin *et al.* (2010), bien que l'herpétofaune soit sensible à la perturbation de l'habitat, l'effet varie d'une espèce à l'autre. Aussi, certaines espèces de caméléons sont plus sensibles aux modifications de l'habitat, alors que d'autres sont plus tolérantes (Jenkins *et al.*, 2003; Andreone *et al.*, 2005).

En outre, durant leurs études dans la région de Menabe Central, Randrianantoandro (2007) n'a observé aucun individu de *F. oustaleti* dans les transects forestiers de la forêt sèche de Kirindy mais uniquement dans les pistes hors transects. Ceci peut être dû, entre autres, à la différence en termes d'efforts d'observations ou d'approche. En effet, ils ont effectué des investigations nocturnes pendant environ deux semaines, tandis que la présente étude a duré deux mois et demi, augmentant la possibilité de rencontre des individus. D'ailleurs, la majorité des individus de cette espèce ont été observés près ou au sein même du campement du CNFEREF et du DPZ, sur de grands arbres dans un espace bien exposé. En effet, cette espèce présente plutôt une forte préférence pour les lisières des forêts (Lethinen *et al.* 2003), les habitats dégradés, voire même près des habitations humaines mais rarement en forêt (Glaw & Vences, 2007).

L'abondance plus élevée de *F. nicosiai* dans CS5 que dans N5 indique qu'elle préfère également les milieux forestiers plus ouverts. L'importance de l'exploitation sélective qui a eu lieu dans CS5 a laissé plus d'espaces vides dans ce bloc forestier. Ces espaces permettraient à cette espèce, comme le cas de beaucoup d'autres caméléons d'ailleurs, de trouver plus facilement des places pour se réchauffer au soleil. Ils leur permettraient également de trouver plus facilement des proies étant donné que ces zones sont souvent favorables à la prolifération des insectes dont ils pourraient se nourrir. Effectivement, selon Measey *et al.* (2014), les espaces vides dans la forêt représentent des écotones où les proies sont diverses et abondantes et ils offrent en outre une plus grande visibilité pour la communication intraspécifique. D'ailleurs, les études de Reisinger *et al.* (2006) soutiennent le fait que les vides laissés par les arbres tombés dans les systèmes forestiers attirent plusieurs espèces de caméléons comme le cas de *Bradypodion caeruleogula* qui est un caméléon nain d'Afrique. Elle perche plus fréquemment dans ces habitats qu'en bordure ou à l'intérieur de la forêt. De plus, selon Randrianantoandro et ses collaborateurs (2008), *F. nicosiai* semble être associée aux habitats ouverts ou aux lisières forestières.

Du point de vue biologique, les femelles gravides descendent sur la litière pour trouver un site de ponte convenable et y creuser sans relâche (Nečas, 2004). Les œufs de caméléons sont enveloppés d'une fibre qui peut se dessécher rapidement lorsqu'elle est exposée à l'air. Comme la température et l'humidité du sol varient de la surface en profondeur, les œufs sont pondus à une profondeur variable selon l'espèce (Raselimanana & Rakotomalala, 2003). Par exemple, *Calumma brevicorne* dépose ses œufs entre 10 à 15 cm de profondeur dans le sol (Raselimanana & Rakotomalala, 2003). Aussi, les caractéristiques de la litière peuvent également influencer la répartition spatiale des espèces. Toutefois, la dégradation de la forêt affecte de manière significative la vitesse de décomposition de la litière et donc son épaisseur. Cette vitesse régresse avec le gradient de perturbation de l'habitat

(Paudel *et al.*, 2015). En effet, dans un milieu plus perturbé comme CS5, la canopée plus ouverte laisse filtrer une quantité de lumière importante qui atteint le sol. Sous cet effet, la litière sèche plus rapidement et dans ces conditions, le recyclage des éléments biogènes est plus lent. Autrement dit, la litière se décompose moins rapidement (Mangenot, 1980). Conséquemment, la litière est plus épaisse dans CS5. Ceci pourrait constituer un milieu de ponte plus favorable chez les espèces comme *F. nicosiai* ou encore comme *F. oustaleti*, diminuant la prédation par les serpents due à l'enfouissement plus profond des œufs et augmentant les chances d'éclosion de ces-derniers. Néanmoins, davantage de recherches sont nécessaires pour le prouver.

Distribution verticale de la communauté de caméléons

L'étude a mis en exergue que les caméléons ne se distribuent pas de manière uniforme dans les différentes strates verticales et que chaque espèce présente une préférence particulière pour une strate bien définie. D'abord, *Brookesia brygooi* perche plus bas par rapport aux autres espèces, à moins de 1 m du sol et autour d'une moyenne de 0,23 m de hauteur. Cela faciliterait la descente au sol pour l'alimentation le jour. En effet, c'est une espèce qui, comme toutes celles appartenant au genre *Brookesia*, cherche de la nourriture au niveau de la litière (Raxworthy, 1991). Néanmoins, la hauteur moyenne du perchoir de cette espèce dans le Tsingy de Bemaraha est plus élevée, soit environ 0,5 m (Randrianantoandro *et al.*, 2007). La présence de trois espèces sympatriques de *Brookesia* dans les Tsingy peut expliquer le fait que *B. brygooi* perche plus en hauteur afin d'éviter la compétition pour les dortoirs. Par contre, dans la forêt sèche de Kirindy, comme elle est la seule espèce de caméléon nain, il lui serait alors inutile de percher à une hauteur plus élevée, bien qu'un individu ait été observé à 1,3 m du sol. Néanmoins, *B. brygooi* exploite uniquement la strate basse ou herbacée qui est peu ouverte. De plus, percher en hauteur dans une forêt où les strates plus élevées sont de plus en plus ouvertes augmenterait les chances de se faire attaquer par les prédateurs, notamment les oiseaux et les serpents. Randrianantoandro (2007) a également constaté cette préférence de l'espèce pour les forêts dont le taux de recouvrement de la végétation basse est élevé.

Furcifer oustaleti perche généralement plus haut que les autres espèces, à une hauteur moyenne de 4,1 m alors qu'aucun individu n'a été rencontré à moins de 2 m du sol. Elle exploite surtout la strate moyenne qui est semi-ouverte mais elle utilise également la strate supérieure qui est ouverte, voire très ouverte. Comme tous les reptiles, les caméléons ont besoin de la chaleur apportée par la lumière solaire pour réguler la température interne de leur corps. Un facteur déterminant du choix de l'habitat chez les reptiles est alors la disponibilité de microclimats qui facilite la thermorégulation (Zug *et al.*, 2001). Au sein d'une forêt, la canopée joue le rôle de tampon ou d'atténuateur des conditions climatiques, créant ainsi des microclimats traduits par un gradient

vertical de température et de luminosité (Smith, 1973; Anhuf & Rollenbeck, 2001). La température au niveau des strates supérieures est donc plus élevée, car recevant plus de lumière solaire que le sol forestier. Ainsi, le choix d'un perchoir situé à une hauteur supérieure, où la canopée est ouverte et la température ambiante plus élevée, peut privilégier ces individus de grande taille dès que le soleil se lève. Ceci leur offre des endroits stratégiques pour s'exposer au soleil et leur procure une insolation suffisante pour satisfaire leur besoin thermique (Gehring *et al.*, 2008).

Furcifer labordi et *F. nicosiai* montrent une préférence pour la strate inférieure qui est peu ouverte. Il pourrait s'agir d'une stratégie contre les prédateurs nocturnes car une strate trop ouverte les mettrait facilement à découvert tandis qu'une strate bien fournie les rendrait plus inaccessible. Ceci s'aligne avec la conclusion des auteurs qui ont reconnu qu'un des facteurs déterminant le choix du perchoir chez les lézards est l'évitement ou la détection des prédateurs (Ramírez-Bautista & Benabib, 2001; Measey *et al.*, 2014). En outre, malgré le chevauchement de la gamme de hauteur du perchoir utilisée par les deux espèces, *F. labordi* utilise une gamme plus large et perche généralement à moins de 2 m. Par contre, *F. nicosiai* perche généralement entre 2 à 4 m sur une gamme de hauteur plus restreinte. Ces résultats concordent avec ceux de Randrianantoandro (2007) bien que ce chevauchement soit moins évident dans leur étude. Par ailleurs, ces différences sont nécessaires pour prévenir ou atténuer la compétition interspécifique pour l'espace et pour les ressources alimentaires. En effet, selon Harrison (1962), la stratification de la végétation s'accompagne d'une stratification des ressources alimentaires et du microclimat, donc de la communauté animale également. D'ailleurs, le régime alimentaire de *F. labordi* inclut une plus large gamme d'invertébrés que celui de *F. nicosiai* (Randrianantoandro, 2007).

Utilisation du perchoir

L'étude de l'utilisation du perchoir par les caméléons de la forêt sèche de Kirindy indique que chaque espèce n'utilise pas indifféremment les perchoirs disponibles. Ces derniers sont effectivement sélectionnés en fonction de leurs caractéristiques (hauteur et Dbh de la plante perchoir, type, nature et état du perchoir, conditions d'exposition par rapport au ciel), probablement pour mieux répondre aux besoins de chaque espèce.

En perchant, les caméléons s'agrippent fermement au support à l'aide de leurs doigts et orteils, parfois des griffes, qualifiés de zygodactyles dont ils se servent comme des pinces (Higham & Anderson, 2014). Ils renforcent souvent leur prise grâce à leur queue préhensile qu'ils utilisent comme un cinquième membre. Ainsi, ils choisissent des supports dont le diamètre correspond plus ou moins à la section circulaire formée par leurs doigts et orteils en s'agrippant (Higham & Anderson,

2014). Ce choix est crucial pour maintenir une bonne stabilité pour ne pas être facilement enlevé du support, par exemple en cas de fortes pluies, de vents forts ou encore face à un prédateur ou un compétiteur.

Brookesia brygooi perche uniquement sur des plantes de hauteur ≤ 2 m et de Dbh $\leq 2,5$ cm. En effet, elle perche généralement sur la végétation herbacée comme toutes les autres espèces de caméléons nains de Madagascar (Measey *et al.*, 2014). Pour ces espèces de petite taille dont la queue est peu préhensile mais la plante des pieds garnie d'épines (Raselimanana & Rakotomalala, 2003), grimper sur les petites plantes serait plus facile. La végétation basse, à proximité du sol, est également plus pratique pour la recherche de nourriture au niveau de la litière au cours de la journée.

Furcifer labordi et *F. nicosiai* perchent sur les arbustes ou sur les arbres de Dbh $\leq 2,5$ cm. En effet, la strate inférieure est bien fournie avec une abondance des arbustes de 2,5 cm de Dbh, offrant alors une diversité de perchoirs. Par contre, *F. labordi* utilise indifféremment les plantes de hauteur ≤ 8 m alors que *F. nicosiai* utilise surtout celles de hauteur comprise entre 2 à 8 m. Ceci concorde avec les résultats de la répartition verticale des caméléons où *F. labordi* perche sur une gamme de hauteur plus large que *F. nicosiai* afin de limiter ou de prévenir la compétition pour les ressources alimentaires et spatiales.

Quant à *Furcifer oustaleti*, elle n'exploite pas les plantes de moins de 2 m de hauteur, dont la végétation herbacée, car elle ne perche jamais à moins de 2 m. Toutefois, elle exploite indifféremment les arbustes et les arbres, quel que soit leur Dbh, ainsi que les lianes. Ceci concorde avec les données de Carpenter (2003), où *F. oustaleti* est plus flexible quant au choix du type de perchoir et utilise indifféremment les arbustes, les arbres ou les lianes alors que les espèces de *Calumma* préfèrent les arbres. D'ailleurs, en tant qu'espèce généraliste, ce serait plutôt la capacité du perchoir à supporter leur poids qui est plus important que la nature du perchoir elle-même.

Par rapport à la partie de la plante utilisée, *Brookesia brygooi* exploite indifféremment toutes les parties disponibles du perchoir exceptées la tige qu'elle utilise rarement. Toutefois, selon Randrianantoandro *et al.* (2007), la tige et les feuilles constituent le support le plus utilisé par les espèces de *Brookesia* dans le Tsingy de Bemaraha. Néanmoins, les individus de *B. brygooi* du Tsingy ont été observés moins fréquemment sur les tiges que les espèces qui lui sont sympatriques, suggérant qu'elle ne favorise pas cette partie en tant que perchoir. Quant à *F. nicosiai* et *F. labordi*, elles utilisent les branches ou encore les pétioles surtout pour les individus de petite taille. Selon Measey *et al.* (2014), le choix des branches ou des feuilles isolées en général par les espèces arboricoles est dû au fait que les petites branches sont moins probables de supporter le poids des prédateurs. De plus, en

s'approchant, ces prédateurs potentiels émettent des vibrations qui préviennent en avance les caméléons du danger. Ces derniers se laissent alors directement tombés sur le sol pour s'échapper. D'ailleurs, ceci a pu être observé sur le terrain en particulier pour les individus de petite taille lors de leur capture (Raselimanana M., observation personnelle). Concernant *F. oustaleti*, elle n'a été observée que sur des branches. Comme tous les individus observés sont des adultes, on peut supposer que seules les branches peuvent supporter leur taille.

Concernant l'état du perchoir, la majorité des individus, toutes espèces confondues perchent sur des plantes encore vivantes. Rares sont les individus qui ont été observés sur des perchoirs morts. Randrianantoandro et ses collaborateurs (2007) ont d'ailleurs observés que la majorité des *Brookesia* perchent sur des plantes encore vertes et les espèces plus larges n'utilisent que rarement les plantes mortes. Malgré l'abondance des arbres morts dans la forêt sèche de Kirindy, la préférence des caméléons pour un support vivant pourrait être dû au fait qu'il soit plus résistant qu'un support mort. Une plante vivante ne se casse, ni ne se déracine plus facilement et elle ne peut non plus être aisément entraînée par le vent surtout en période cyclonique.

En outre, le feuillage d'une plante encore vivante offre également une double protection : contre les pluies et contre les prédateurs nocturnes. D'ailleurs, plusieurs individus de *Furcifer labordi*, *F. nicosiai* et *F. oustaleti* ont été observés sur des perchoirs cachés par ou sous le feuillage. En effet, en cas de pluies, de vents forts ou lorsque la température est basse, les caméléons perchent dans les zones situées plus à l'intérieur des branches ou sous le feuillage pour se protéger (Raselimanana & Rakotomalala, 2003; Raselimanana M., observation personnelle). Il faut d'ailleurs remarquer que la majorité des individus, toutes espèces confondues, ont été observées lors de la saison chaude et pluvieuse. De plus, le feuillage camoufle les caméléons la nuit et les rend moins accessibles pour leurs prédateurs nocturnes comme *Asio madagascariensis* et *Otus rutilus* (Jenkins *et al.*, 2009) qui sont d'ailleurs présents à Kirindy (TBA, 2007; Raherilalao & Wilmé, 2008). Toutefois, plusieurs individus de *F. labordi*, *F. nicosiai* et *F. oustaleti* ainsi que la majorité de *B. brygooi* ont été également observés sur des perchoirs ouverts directement sur le ciel. Ce choix pourrait alors être lié à la thermorégulation étant donné que cette position leur permet de profiter le plus tôt possible des rayons de soleil, filtrant à travers la canopée.

Structure de la population de chaque espèce de caméléons

Au cours de la période d'étude, tous les stades de développement ont été observés chez *Furcifer labordi* et *F. nicosiai*, au sein de N5 et CS5. Pour *F. labordi*, ces différents stades se sont succédés mais la proportion des adultes observés est plus élevée par rapport à celle des nouveaux-

éclos. En effet, les adultes sont facilement repérables par leur taille et leur couleur vive. Par contre, les nouveaux-éclos mesurent moins de 35 mm et sont donc beaucoup moins évident à repérer, laissant à supposer que leur nombre est sous-estimé. Ces nouveaux-éclos ont commencé à apparaître vers fin novembre et ils ont pu encore être observés jusqu'en mi-décembre. Dès la première semaine de décembre, la population est dominée par les juvéniles. Cependant, dans les études qu'Eckhardt et ses collaborateurs (2017) ont menées dans la forêt sèche de Kirindy durant trois années successives (2013 – 2015), les nouveaux-éclos de *F. labordi* ont pu être observés en mi-octobre et les juvéniles en mi-novembre. Une éclosion tardive des œufs a donc eu lieu lors de la présente étude et un décalage du cycle de développement de l'espèce s'ensuivit. Les données climatiques de la station entre 2012 et 2015 indiquent que les premières pluies sont tombées dès septembre alors qu'elles ne sont tombées qu'en novembre en 2016 et en 2017. Comme la saison active de *F. labordi* débute avec une éclosion synchrone des œufs dès les premières pluies (Karsten *et al.*, 2008), le retard de la saison de pluies durant la période d'étude expliquerait ainsi cette apparition tardive des nouveaux-éclos. Ceci montre à quel point cette espèce est vulnérable face au changement climatique car tout son cycle de développement s'en retrouve bouleversé.

Des subadultes ont pu être observés par la suite dès le début de la seconde descente, en mi-janvier, et ils ont rapidement laissé place aux adultes. Les mâles sont apparus un peu plus tôt (17 janvier) que les femelles (23 janvier). Cependant, cette période d'apparition des femelles est plus tôt par rapport à celle qu'ont indiquée Eckhardt *et al.* (2017), c'est-à-dire en fin janvier. Eventuellement, à une éclosion tardive des œufs aurait dû s'ensuivre une apparition tardive des stades adultes. Toutefois, cette apparition plus précoce des femelles peut être due à une croissance plus rapide des juvéniles et des subadultes liée à une plus grande disponibilité de la nourriture. Ainsi, les conditions ont pu être nettement favorables à la croissance et au développement des individus durant les deux dernières années (2016 et 2017). Néanmoins, tout cela reste encore à vérifier.

Par ailleurs, aucun accouplement n'a pu être observé lors de la présente étude. Toutefois, lors des observations nocturnes, des couples partageant le même perchoir ont pu être observés à quelques occasions à partir de la dernière semaine de janvier (Annexe 15). En effet, les caméléons perchent généralement seuls mais les deux sexes peuvent partager le même perchoir durant la saison de reproduction (Wild, 1994; Raselimanana, commentaire personnelle). Les premières femelles gravides de *F. labordi* ont ensuite été observées avant la fin du mois de janvier puis presque toutes celles rencontrées après l'étaient. Cette espèce se caractérise ainsi par une croissance rapide des nouveaux-éclos qui atteignent la maturité sexuelle en moins de deux mois. En effet, selon Karsten et ses collaborateurs (2008), l'histoire naturelle de cette espèce est unique parmi les tétrapodes. Elle est

caractérisée par un cycle de vie annuel et leur durée de vie est la plus courte connue des tétrapodes, soit 4 à 5 mois juste après éclosion des œufs. Après la ponte, les œufs entrent en diapause et les individus adultes meurent de façon synchrone (Karsten *et al.*, 2008). Toutefois, cette durée de vie est variable en fonction des conditions écologiques (Eckhardt *et al.*, 2017) et le fait que quelques juvéniles ont encore pu être observés en février renforce le fait qu'il pourrait y avoir quelques adultes survivants des deux sexes même après le mois d'avril.

Quant à *Furcifer nicosiai*, les quatre stades de développement ont pu être observés en même temps. Autrement dit, il y a chevauchement de génération. La biologie de cette espèce pourrait être caractérisée par une reproduction continue tout au long de l'année ou par un développement lent des individus, ce qui expliquerait la présence simultanée des différents stades. D'ailleurs, deux séances d'éclosion des œufs ont pu être observées durant la période d'étude : une première au début de l'étude en mi-novembre jusqu'en début décembre et une seconde à la dernière semaine de janvier. Cela implique que la population de *F. nicosiai* de la forêt sèche de Kirindy est encore capable de se régénérer normalement et que cette forêt constitue encore un habitat favorable pour le développement de l'espèce.

En outre, la population est caractérisée par une importance numérique des juvéniles, en particulier dans CS5 que dans N5. L'abondance relative plus élevée de *F. nicosiai* dans CS5 serait donc due à celle des juvéniles. Toutefois, d'après Randrianantoandro (2007), les nouveaux-éclos sont plus nombreux que les juvéniles dans les populations de *F. nicosiai* des forêts sèches de l'Ouest malgache. La présence des deux séances d'éclosion signifie que le nombre de nouveaux-éclos aurait pu être plus important que celui des juvéniles. Cependant, la difficulté d'observation de ces nouveaux-éclos, vu leur petite taille, aurait pu également induire en erreur dans l'estimation de leur importance au sein de la population. De plus, certains individus ont été observés perchés très haut à plus de 5 m, laissant à supposer que leur abondance a éventuellement été sous-estimée. Quant au fait que les juvéniles soient plus nombreux que les subadultes et les adultes, la cause probable pourrait en être la pression exercée par la prédation. En effet, plusieurs espèces, notamment les oiseaux comme *Buteo brachypterus*, les serpents comme *Madagascarophis colubrinus* et plus rarement les mammifères comme *Cryptoprocta ferox*, sont reconnus comme des prédateurs des caméléons (Jenkins *et al.*, 2009). D'ailleurs, ces espèces sont toutes présentes dans la forêt sèche de Kirindy (Raherilalao & Wilmé, 2008, Raselimanana M., observation personnelle).

Concernant *Brookesia brygooi*, seuls des subadultes et des adultes ont été observés. Peu de données sont disponibles sur la biologie de cette espèce. Toutefois, les femelles effectuent le stockage

de sperme, puis pondent 2 à 5 œufs sous les troncs, les mousses ou les feuilles mortes lorsque les conditions leur sont favorables (Nečas & Schmidt, 2004). Le fait de n'avoir observé aucun nouveau-éclos ni de juvénile peut signifier que les œufs n'ont pas encore éclos durant la période d'étude et que la population est seulement représentée par des subadultes et des adultes. D'ailleurs, bien que Randrianantoandro (2007) a observé quelques nouveaux-éclos, leur étude a duré jusqu'au mois d'Avril et a eu lieu dans les forêts sèche du Menabe Central. Par contre, la présente étude s'est achevée au mois de février et n'a eu lieu que dans un seul bloc de forêt sèche, diminuant la probabilité de rencontre des autres stades de développement de *B. brygooi*. D'ailleurs, des femelles gravides ont été observées en janvier, suggérant que la ponte et l'éclosion ont lieu entre février à avril.

Quant à *Furcifer oustaleti*, tous les individus observés sont des adultes. En outre, une femelle gravide prête pour la ponte a été observée à la fin du mois de janvier. Selon Glaw & Vences (2007), la gestation de *F. oustaleti* dure 40 jours, la ponte a lieu durant le mois de février et les juvéniles atteignent la maturité sexuelle après environ une année. Ceci pourrait expliquer l'absence des autres stades durant la période d'étude. Toutefois, comme les nouveaux-éclos de cette espèce sont facilement confondus avec celles de *F. nicosiai*, bien que la chance soit faible, il se pourrait que certains nouveaux-éclos de *F. oustaleti* ont été identifiés comme étant ceux de *F. nicosiai*. Néanmoins, à la fin de l'étude, quelques juvéniles ont été observés près du campement de CNFEREF mais ceux-ci n'ont pas été tenu en compte étant donné qu'ils étaient présents en dehors des lignes de transects.

Enfin, le sex-ratio des caméléons au niveau des deux sites est identique et en faveur des femelles, excepté pour *Furcifer nicosiai*. Ce résultat concorde également avec ceux de Randrianantoandro (2007). Un sex-ratio en faveur des mâles a lieu lorsque l'ils tendent à se disperser et les femelles à s'agréger. Il en résulte ainsi une forte compétition des femelles pour les ressources locales entraînant l'extirpation de celles qui sont peu compétitrices (Karlin & Lessard, 1986). Une mortalité sélective pourrait également en être une cause (Eckhardt *et al.*, 2017). La mortalité élevée des femelles peut être due à une forte agressivité des mâles envers celles-ci (Le Galliard *et al.*, 2005). Effectivement, le comportement agressif des mâles envers les femelles affecte leur fitness en diminuant leur probabilité de survie, leur taux de natalité mais aussi leur taux d'émigration (Le Galliard *et al.*, 2005). Le nombre de mâles excède alors celui des femelles et ceci pourrait avoir un effet au long terme sur la viabilité de la population et entraîner leur déclin progressif. La mortalité élevée des femelles peut également être due à la fatigue et au stress cumulés après la ponte en creusant le nid pendant des jours d'affilées (Measey *et al.*, 2014).

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Au cours des investigations nocturnes menées dans la forêt dense sèche de Kirindy CNFEREF, 357 individus de caméléons appartenant à quatre espèces sympatriques ont été observés. Parmi ces espèces, l'une est un caméléon nain terrestre, *Brookesia brygooi*, et les trois autres, *Furcifer labordi*, *F. nicosiai* et *F. oustaleti* sont de vrais caméléons arboricoles. *Furcifer labordi* et *F. nicosiai* sont les espèces les plus abondantes au sein de la forêt tandis que *F. oustaleti* est la plus rare.

D'une manière générale, les caméléons de Kirindy CNFEREF ne se distribuent pas uniformément au sein de la forêt tant sur le plan horizontal que vertical, malgré l'homogénéité de la distribution horizontale de *Brookesia brygooi* et *Furcifer labordi*. Par ailleurs, les caméléons ne semblent pas utiliser indifféremment les perchoirs, rejetant ainsi toutes les hypothèses nulles avancées relatives à leur utilisation de l'habitat et du perchoir. Effectivement, la présente étude a montré que les quatre espèces de caméléons de cette forêt dense sèche de l'Ouest présentent des exigences écologiques bien définies par rapport à l'habitat, aux strates ainsi qu'aux caractéristiques des perchoirs disponibles mais seuls les niveaux de spécificité varient d'une espèce à l'autre. Cette spécificité écologique de chaque espèce leur permet de cohabiter ensemble et de partager les niches écologiques disponibles. En outre, la distribution démographique suivant la structure d'âge reste similaire dans les deux sites pour *B. brygooi* et *F. labordi* mais pas pour *F. nicosiai*. De plus, le sex-ratio est en faveur des femelles, excepté pour *F. nicosiai*, quel que soit le site. Ceci a confirmé l'hypothèse nulle avancée sur la similarité de la structure de la population au sein de la forêt sèche de Kirindy pour *B. brygooi* et *F. labordi* mais l'a infirmé pour *F. nicosiai*.

La présente étude a ainsi contribué à la mise à jour des connaissances sur la préférence en habitat et en strates, et sur la biologie de ces quatre espèces de caméléons. Elle a en outre apporté des informations supplémentaires sur la préférence en perchoirs de *Brookesia brygooi* et de *F. oustaleti* mais a fourni les premières informations sur l'écologie du perchoir de *F. labordi* et de *F. nicosiai*. Ces informations permettront en outre de promouvoir l'écotourisme dans la forêt sèche de Kirindy en servant de guides pour faciliter l'observation des caméléons lors des visites nocturnes. Par ailleurs, l'étude a également révélé une vulnérabilité potentielle de *F. labordi* au changement climatique, montrant encore l'intérêt de la conservation de cette forêt sèche pour préserver sa biodiversité unique et pourtant menacée. Dans ces efforts de conservation, quelques recommandations seront exposées.

Afin de préserver la forêt sèche de Kirindy, des campagnes de sensibilisation pour stopper les feux de brousse et des projets d'éducation environnementale devront être menées. Celles qui ont déjà été entreprises devront en outre être renforcées. Ces actions devraient permettre de susciter l'intérêt

de la conservation de la forêt par les services écosystémiques qu'elle offre aux populations locales. Comme ces populations dépendent beaucoup des ressources naturelles, il serait également nécessaire de les former sur la gestion durable de ces ressources. Il faudrait par ailleurs les encourager dans les efforts de reboisement, notamment de plantes locales et surtout des baobabs qui attirent les touristes. Enfin, il serait nécessaire de développer, au sein des communautés locales, d'autres activités génératrices de revenus (AGR) comme l'apiculture ou l'élevage de volailles. Il faudrait les accompagner tout le long du processus et il faudrait effectuer des suivis réguliers sur le long terme pour assurer la pérennisation de ces activités.

D'une manière générale, les méthodes d'observations adoptées lors de la présente étude ont permis d'atteindre les objectifs fixés. Néanmoins, compte tenu du fait qu'il s'agit seulement d'une étude de quelques aspects de l'écologie et de la biologie de la communauté de caméléons de Kirindy, davantage d'études devront encore être entreprises aussi bien dans ce site qu'ailleurs. Des recherches approfondies devraient être menées dans différents types de forêts malgaches (forêts humides, forêt dense caducifoliée, forêt épineuse, etc.) afin de compléter les informations sur l'histoire naturelle des caméléons malgaches. Dans ce cadre, quelques suggestions seront avancées pour les études ultérieures.

Afin de mieux comprendre l'utilisation de l'habitat par ces espèces, il serait indispensable de considérer d'autres aspects de la niche écologique tel le partage de ressources trophiques en déterminant le régime alimentaire des espèces. Outre les caractéristiques du perchoir, d'autres paramètres comme la position des individus sur leur support, la relation de leur morphologie avec le choix du support ainsi que le microclimat permettraient également de mieux comprendre le choix de l'habitat fréquenté ou du perchoir utilisé par chaque espèce. Comme il a également été mentionné antérieurement, davantage de recherches devront être entreprises pour comprendre la relation entre les caractéristiques de la litière et le choix du site de ponte surtout chez *Furcifer nicosiai* et *F. oustaleti*. Des études devront aussi être entreprises dans des blocs intacts comme CS7 pour comprendre l'impact de l'exploitation forestière sur la communauté. Il serait également intéressant de comparer l'utilisation de l'habitat entre les différentes classes d'âge et entre les sexes ainsi que l'évolution saisonnière de l'utilisation de l'habitat afin de mieux comprendre le partage de niche, non seulement du point de vue interspécifique mais également du point de vue intraspécifique.

Cette étude pourrait également servir de base pour des recherches plus approfondies sur la biologie de ces quatre espèces au sein de la forêt sèche de Kirindy. Dans cette optique, il faudrait déterminer la dynamique de la population de chaque espèce et leur évolution spatio-temporelle afin

de mieux comprendre l'impact de la déforestation sur la communauté. Ceci permettrait de prévoir si des mesures de conservation plus spécifiques seront nécessaires à entreprendre. Il faudrait en particulier insister sur *F. labordi* et *F. nicosiai*. Effectivement, à cause de leur distribution restreinte, du cycle de vie annuel de *F. labordi* et de sa sensibilité particulière au changement climatique, révélée par la présente étude, elles sont encore plus vulnérables à la destruction de l'habitat. Par ailleurs, il faudrait entreprendre des études sur les causes et impacts du sex-ratio en faveur des mâles chez *F. nicosiai* étant donné que cela pourrait entraîner un déclin de la population de cette espèce sur le long terme. De telles recherches sont impératives afin de préserver la biodiversité unique des forêts sèches de l'Ouest malgache, compte tenu de la dégradation à une vitesse alarmante des habitats forestiers de la région de Menabe. De plus, un feu a très récemment détruit une grande partie de la forêt sèche de Kirindy en mois d'août 2018.

REFERENCES CITEES

- Akani, G. C., Ogbalu, O. K. & Luiselli, L. 2001.** Life history and ecological distribution of chameleons (Reptilia, Chamaeleonidae) from the rain forests of Nigeria: Conservation implications. *Animal biodiversity and Conservation*, 24(2): 1-15.
- Anderson, C. V. & Higham, T. E. 2014.** Chameleon anatomy. In *The biology of chameleons*, eds. K. A. Tolley & A. Herrel, pp. 7-55. University of California Press, London.
- Andreone, F., Guarino, F. M. & Randrianirina, J. E. 2005.** Life history traits, age profile, and conservation of the panther chameleon, *Furcifer pardalis* (Cuvier, 1829), at Nosy Be, NW Madagascar. *Tropical Zoology*, 18(2): 209-225.
- Andriamialisoa, F & Langrand, O. 2003.** History of scientific exploration. In *The natural history of Madagascar*, eds. S. M. Goodman & J. P. Benstead, pp. 1-15. The University of Chicago Press, Chicago.
- Angel, F. 1942.** Les lézards de Madagascar. *Mémoires de l'Académie Malgache*, 36: 1-193.
- Anhuf, D. & Rollenbeck, R. 2001.** Canopy structure of the Rio Surumoni rain forest (Venezuela) and its influence on microclimate. *Ecotropica*, 7: 21-32.
- Begon, M., Townsend, C. R. & Harper, J. L. 2006.** *Ecology: From individuals to Ecosystems*. Fourth Edition. Blackwell Publishing, Oxford.
- Bisoa, M. 1999.** Contribution à l'étude comparative de la densité, l'abondance et la distribution de la communauté des Chamaeleonidae dans les deux sites de Talatakely et Vatoharanana (Parc National de Ranomafana). Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en Sciences Biologiques Appliquées, Département de Biologie Animale, Université d'Antananarivo, Antananarivo.
- Brady, L. D. & Griffiths, R. A. 1999.** *Status assessment of chameleons in Madagascar*. IUCN Species Survival Commission, Cambridge.
- Brady, L. D. & Griffiths, R. A. 2003.** Chameleon population density estimates. In *The natural history of Madagascar*, eds. S. M. Goodman & J. P. Benstead, pp. 970-972. The University of Chicago Press. Chicago.

- Brongniart, A. 1800.** Essai d'une classification naturelle des reptiles. *Bulletin de la Société Philomatique de Paris*, 2: 89-91.
- Brygoo, E. R. 1971.** Reptiles Sauriens Chamaeleonidae : Genre *Chamaeleo*. *Faune de Madagascar*, 33: 1-318.
- Brygoo, E. R. 1978.** Reptiles Sauriens Chamaeleonidae : Genre *Brookesia* et complément pour le genre *Chamaeleo*. *Faune de Madagascar*, 47: 1-173.
- Brygoo, E. R., Blanc, C. -P. & Domergue, C. -A. 1974a.** Notes sur les *Chamaeleo* de Madagascar XII. Caméléons du Marojezy : *C. peyrierasi* n. sp. et *C. gastrotaenia guillaumeti* n. subsp (Reptilia, Squamata, Chamaeleonidae). *Bulletin de l'Académie Malgache*, 51(1): 151-166.
- Brygoo, E. R., Blanc, C. -P. & Domergue, C. -A. 1974b.** Notes sur les *Brookesia* de Madagascar VII. *Brookesia* du Marojezy : *B. betschi* et *B. griveaudi* n. sp. (Reptilia, Squamata, Chamaeleonidae). *Bulletin de l'Académie Malgache*, 51(1): 167-184.
- Bungard, M. J., Jones, C., Tatayah, V. & Bell, D. J. 2014.** The habitat use of two species of day geckos (*Phelsuma ornata* and *Phelsuma guimbeui*) and implications for conservation management in island ecosystems. *Herpetological conservation and Biology*, 9(2): 551-562.
- Carpenter, A. I. 2003.** The ecology and exploitation of chameleons in Madagascar. Thèse de doctorat en Sciences Environnementales, University of East Anglia, Norwich.
- Carpenter, A. I. & Robson, O. 2005.** A review of the endemic chameleon genus *Brookesia* from Madagascar, and the rationale for its listing under CITES Appendix II. *Oryx*, 39: 375-380.
- Carpenter, A. I., Rowcliffe, M. & Watkinson, A. 2004.** The dynamics of the global trade in chameleons. *Biological Conservation*, 120: 291–301.
- Chaperon, P., Danloux, J. & Ferry, L. 1993.** *Fleuves et rivières de Madagascar*. Orstom Editions, Paris.
- Eckhardt, F., Kappeler, P. M. & Kraus, C. 2017.** Highly variable lifespan in an annual reptile, Labord's chameleon (*Furcifer labordi*). *Scientific Reports*, 7: 11397.

- Fooley, D. H. 2002.** Field observation on the movement patterns and roosting behavior of the Malagasy chameleon *Brookesia therezieni* (Squamata: Chamaeleonidae). *Herpetological Natural History*, 9(1): 85-88.
- Fuchs, E. & Callmander, M. W. 2007.** Les caméléons à Masoala. Une clef de lecture ethnozoologique des relations société-environnement dans le Nord-Est de Madagascar. Dans *Le symbolisme des animaux. L'animal, clé de voûte de la relation entre l'homme et la nature?*, eds. E. Dounias, E. Motte-Florac & M. Dunham, pp. 157-180. IRD Editions, Paris.
- Ganzhorn, J. U., Andrianasolo, T., Andrianjalahatra, T., Donati, G., Fietz, J., Lahann, P. & Norscia, I. E. A. 2007.** Lemurs in evergreen littoral forest fragments. In *Biodiversity, ecology and conservation of littoral ecosystems in southeastern Madagascar*, eds. J. U. Ganzhorn, S. M. Goodman & M. Vincelette, pp. 223-236. Smithsonian Institution, Washington D.C.
- Gautier, L. C., Chatelain, C. & Spichiger, R. 1994.** Presentation of a releve method for vegetation studies based on high-resolution satellite imagery. In *Proceedings of XIIIth plenary meeting of AETFAT*, eds. J. H. Seyani & A. C. Chikuni, pp. 1339-1350. National Herbarium and Botanic Gardens of Malawi, Zomba.
- Gehring, P. -S., Lutzmann, N., Furrer, S. & Sossinka, R. 2008.** Habitat preferences and activity patterns of *Furcifer pardalis* (Cuvier, 1829) in the Masoala Rain Forest Hall of the Zurich Zoo. *Salamandra*, 44(3): 129-140.
- Glaw, F. & Vences, M. 1994.** *A fieldguide to the amphibians and reptiles of Madagascar*. Second edition. Vences & Glaw Verlag, Köln.
- Glaw, F. & Vences, M. 2007.** *A field guide to the amphibians and reptiles of Madagascar*. Third edition. Vences & Glaw Verlag, Köln.
- Glaw, F., Köhler, J., Townsend, T. M. & Vences, M. 2012.** Rivaling the world's smallest reptiles. Discovery of miniaturized and microendemic new species of leaf chameleons (*Brookesia*) from northern Madagascar. *PLoS ONE*, 7(2): e31314.
- Glos, J. & Volahy, A. T. 2004.** An inventory of amphibians and reptiles in the Central Menabe region. Unpublished Report to DWCT, DPZ and FANAMBY, Antananarivo.

- Glos, J., Volahy, A. T., Bourou, R., Straka, J., Young, R. & Durbin, J. 2008.** Amphibian conservation in central Menabe. In *A conservation strategy for the amphibians of Madagascar*, ed. F. Andreone. *Museo Regionale Di Scienze Naturali*, 45: 107-124.
- Godron, M., Daget, P., Emberger, L., Le Floch, E., Long, G., Poissonnet, J., Sauvage, C. & Wacquant, J. P. 1968.** *Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu*. CNRS, Paris.
- Goodenough, A. E. & Goodenough, A. S. 2012.** Development of a rapid and precise method of digital image analysis to quantify canopy density and structural complexity. *ISRN Ecology*, 2012: Article ID 619842.
- Goodman, S. M. & Raselimanana, A. P. 2008.** Exploration et connaissance biologique des différents sites inventoriés. Dans *Les forêts sèches de Madagascar*, eds. S. M. Goodman & L. Wilmé. *Malagasy Nature*, 1: 33-45.
- Goodman, S. M., Raherilalao, M. J. & Wohlhauser, S. Sous-presse.** *Les aires protégées terrestres de Madagascar : Leur histoire, description et biote / The terrestrial protected areas of Madagascar: Their history, description, and biota*. Association Vahatra, Antananarivo.
- Harper, G. J., Steininger, M. K., Tucker, C. J., Juhn, D. & Hawkins, F. 2007.** Fifty years of deforestation and fragmentation in Madagascar. *Environmental Conservation*, 34 (4): 1-9.
- Harrison, J. L. 1962.** The distribution of feeding habits among animals in a tropical rain forest. *Journal of Animal Ecology*, 31: 53-63.
- Heatwole, H. 1977.** Habitat selection in reptiles. In *Biology of the reptilia: Ecology and behaviour*, eds. C. Gans & D. Tinkle, pp. 137-156. Academy Press, London.
- Higham, T. E. & Anderson, C. V. 2014.** Function and adaptation of chameleons. In *The biology of chameleons*, eds. K. A. Tolley & A. Herrel, pp. 63-84. University of California Press, London.
- Humbert, H. & Cours Darne, G. 1965.** Notice de la carte de Madagascar. *Institut français de Pondichéry. Travaux de la Section Scientifique et Technique*. Hors-série, 6.
- Irwin, M. T., Wright, P. C., Birkinshaw, C., Fisher, B. L., Gardner, C. J., Glos, J., Goodman, S. M., Loiselle, P., Rabeson, P., Raharison, J.-L., Raherilalao, M. J., Rakotondravony, D., Raselimanana, A. P., Ratsimbazafy, J., Sparks, J. S., Wilmé, L. & Ganzhorn, J. U. 2010.**

- Patterns of species change in anthropogenically disturbed forests of Madagascar. *Biological Conservation*, 143: 2351-2362.
- IUCN, 2018.** The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-1. <http://www.iucnredlist.org>. Accessed on 8th October 2018.
- Jenkins, R. K. B., Brady, L. D., Bisoa, M., Rabearivony, J. & Griffiths, R.A. 2003.** Forest disturbance and river proximity influence chameleon abundance in Madagascar. *Biological Conservation*, 109: 407-415.
- Jenkins, R. K. B., Brady, L. D., Huston, K., Kauffmann, J. L. D., Rabearivony, J., Raveloson, G. & Rowcliffe, M. 1999.** The population status of chameleons within Ranomafana National Park, Madagascar, and recommendations for future monitoring. *Oryx*, 33(1): 38-46.
- Jenkins, R. K. B., Measey, G. J., Anderson, C. V. & Tolley, K. A. 2014.** Chameleon conservation. In *The biology of chameleons*, eds. K. A. Tolley & A. Herrel, pp. 193-216. University of California Press, London.
- Jenkins, R. K. B., Rabearivony, J. & Rakotomanana, H. 2009.** Predation on chameleons in Madagascar: A review. *African Journal of Herpetology*, 58(2): 131-136.
- Jesu, R., Mattioli, F. & Schimmenti, G. 1999.** On the discovery of a new large chameleon inhabiting the limestone outcrops of western Madagascar: *Furcifer nicosiai* sp. Nov. (Reptilia, Chamaeleonidae). *Doriana*, 7(311): 1-14.
- Johnson, D. H. 1980.** The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. *Ecology*, 61(1): 65-71.
- Karlin, S. & Lessard, S. 1986.** *Theoretical studies on sex ratio evolution*. Princeton University press, Princeton.
- Karsten, K. B., Andriamandimbiarisoa, L. N., Fox, S. F. & Raxworthy, C. J. 2008.** A unique life history among tetrapods: An annual chameleon living mostly as an egg. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(26): 8980-8984.
- Le Galliard, J. F., Fitze, P. S., Ferrière, R. & Clobert, J. 2005.** Sex ratio bias, male aggression, and population collapse in lizards. *PNAS*, 102(50): 18231-18236.

- Lethinen, R. M., Ramanamanjato, J. -B. & Raveloarison, J. B. 2003.** Edge effects and extinction proneness in a herpetofauna in Madagascar. *Biodiversity and Conservation*, 12: 1357-1370.
- Lowin, A. J. 2012.** Chameleon species composition and density estimates of three unprotected dry deciduous forests between Montagne d'Ambre Parc National and Ankarana Réserve Spéciale in northern Madagascar. *Herpetology Notes*, 5: 107-113.
- Mangenot, F. 1980.** Les litières forestières : Signification écologique et pédologique. *Revue Forestière Française*, 32(4): 339-355.
- Martinez-Meyer, E., Diaz-Porras, D., Peterson, A. T. & Yanez-Arenas, C. 2013.** Ecological niche structure and rangewide abundance patterns of species. *Biology Letters*, 9: 1-5.
- Measey, G. J., Raselimanana, A. & Herrel, A. 2014.** Ecology and life history of chameleons. In *The biology of chameleons*, eds. K. A. Tolley & A. Herrel, pp. 85-113. University of California Press, London.
- Metcalf, J., Bayly, N., Bisoa, M. & Rabearivony, J. 2005.** Edge effect from paths on two chameleon species in Madagascar. *African Journal of Herpetology*, 54: 99-102.
- Millar, C. I. & Libby, W. J. 1991.** Strategies for conserving clinal, ecotypic, and disjunct population diversity in widespread species. In *Genetics and conservation of rare plants*, eds. Falk, D. A. & Holsinger, K. E., pp. 149-170. Oxford University Press, New York.
- Moat, J. & Smith, P. 2007.** *Atlas of the vegetation of Madagascar / Atlas de la végétation de Madagascar*. Royal Botanical Gardens, Kew.
- Mocquard, F. 1909.** Synopsis des familles, genres et espèces des reptiles écailleux et batraciens de Madagascar. *Nouvelles Archives du Museum d'Histoires Naturelles de Paris*, 5: 1-100.
- Nečas, P. 1999.** *Chameleons. Nature's hidden jewels*. First edition. Chimaira Publisher, Frankfurt am Main.
- Nečas, P. 2004.** *Chameleons. Nature's hidden jewels*. Second edition. Chimaira Publisher, Frankfurt am Main.
- Nečas, P. & Schmidt, W. 2004.** *Stump-tailed chameleons. Miniature dragons of the rainforest. The genera Brookesia and Rhampholeon*. Chimaira Publisher, Frankfurt am Main.

- Paletto, A. & Tosi, V. 2009.** Forest canopy cover and canopy closure: comparison of assessment techniques. *European Journal of Forest Research*, 128: 265-272.
- Parcher, S. R. 1974.** Observations on the natural histories of six Malagasy Chamaeleontidae. *Zeitschrift für Tierzucht und Zuchtungsbiologie*, 34: 500-523.
- Parsons, J. 1768.** An account of a particular species of cameleon. *Philosophical Transactions*, 58: 192-195.
- Paudel, E., Dossa, G. G. O., De Blécourt, M., Beckschäfer, P., Xu, J. & Harrison, R. D. 2015.** Quantifying the factors affecting leaf litter decomposition across a tropical forest disturbance gradient. *Ecosphere*, 6(12): 267.
- Pianka, E. 1973.** The structure of lizard communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4: 53-74.
- Rabearivony, J., Brady, L. D., Jenkins, R. K. B. & Ravoahangimalala, O. R. 2007.** Habitat use and abundance of a low-altitude chameleon assemblage in eastern Madagascar. *Herpetological Journal*, 17: 247-254.
- Rabearivony, J., Brady, L. D., Jenkins, R. K. B., Griffiths, R. A., Raselimanana, A. P., Bisoa, M. & Raminosoa, R. N. 2015.** Influence of riparian habitats on the distribution of rainforest chameleons in Parc National de Ranomafana, Madagascar. *African Journal of Herpetology*, 64(2): 148-159.
- Raharivololona, B. M. 1996.** Impact de l'exploitation sélective de la forêt et la variation saisonnière sur la composition de la population de rongeurs et d'insectivores dans une forêt sèche de l'Ouest de Madagascar. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies, Département de Paléontologie et d'Anthropologie Biologique, Université d'Antananarivo, Antananarivo.
- Raherilalao, M. J. & Wilmé, L. 2008.** L'avifaune des forêts sèches malgaches. Dans Les forêts sèches de Madagascar, eds. S. M. Goodman & L. Wilmé. *Malagasy Nature*, 1: 76-105.
- Rakotondranary, S. J. & Ganzhorn, J. U. 2011.** Habitat separation of sympatric *Microcebus* spp. in the dry spiny forest of south-eastern Madagascar. *Folia Primatology*, 82: 212-223.

- Rakotondravony, H. 2004.** Diversité des caméléons forestiers de la région d'Andasibe (Madagascar) et modèle de distribution de cette communauté selon différents types physiologiques. *Revue d'Ecologie (La Terre et la Vie)*, 59: 529-544.
- Ramanantsoa, G. -A. 1974.** Connaissance des caméléonides communs de la province de Diégo-Suarez par la population paysanne. *Bulletin de l'Académie Malgache*, 51(1): 147-149.
- Ramírez-Bautista, A. & Benabib, M. 2001.** Perch height of the arboreal lizard *Anolis nebulosus* (Sauria: Polychrotidae) from a tropical dry forest of Mexico: Effect of the reproductive season. *Copeia*, 2001: 187-193.
- Randrianantoandro, J. C. 2007.** Chameleons for conservation: Surveying and monitoring in Central Menabe, Madagascar. Final Report, Future Conservationist Award.
- Randrianantoandro, J. C., Randrianavelona, R., Andriatsimanarilafy, R. R., Hantalalaina, E. F., Rakotondravony, D. & Jenkins, R. K. B. 2007.** Roost site characteristics of sympatric dwarf chameleons (genus *Brookesia*) from western Madagascar. *Amphibia-Reptilia*, 28: 577-581.
- Randrianantoandro, J. C., Randrianavelona, R., Andriatsimanarilafy, R. R., Hantalalaina, E. F., Rakotondravony, D., Randrianasolo, M., Ravelomanantsoa, H. L. & Jenkins, R. K. B. 2008.** Identifying important areas for the conservation of dwarf chameleons (*Brookesia* spp.) in Tsingy de Bemaraha National Park, western Madagascar. *Oryx*, 42(4): 578-583.
- Randrianantoandro, J. C., Razafimahatratra, B., Soazandry, M., Ratsimbazafy, J. & Jenkins, R. K. B. 2010.** Habitat use by chameleons in a deciduous forest in western Madagascar. *Amphibia-Reptilia*, 31: 27-35.
- Raselimanana, A. P. 2008.** Herpétofaune des forêts sèches malgaches. Dans Les forêts sèches de Madagascar, eds. S. M. Goodman & L. Wilmé. *Malagasy Nature*, 1: 46-75.
- Raselimanana, A. P. 2013.** Faune herpétologique de la forêt de Beanka, région Melaky : Richesse biologique, intérêt biogéographique et importance dans la conservation de la biodiversité malgache. Dans La forêt de Beanka, région Melaky, Ouest de Madagascar. eds. S. M. Goodman, L. Gautier & M. J. Raherilalao. *Malagasy Nature*, 7: 209-224.

- Raselimanana, A. P. & Rakotomalala, D. 2003.** Chamaeleonidae, chamaeleons. In *The Natural History of Madagascar*, eds. S. M. Goodman and J. P. Benstead, pp. 960-969. University of Chicago Press, Chicago.
- Raselimanana, A. P., Raxworthy, C. J. & Nussbaum, R. A. 2000.** Herpetofaunal species diversity and elevational distribution within the Parc National de Marojejy, Madagascar. In A floral and faunal inventory of the Parc National de Marojejy, Madagascar: With reference to elevational variation, ed. S. M. Goodman. *Fieldiana*, 97: 157-174.
- Raxworthy, C. J. 1988.** Reptiles, rainforests and conservation in Madagascar. *Biological Conservation*, 43: 181–211.
- Raxworthy, C. J. 1991.** Field observations on some dwarf chameleons (*Brookesia* spp.) from rainforest areas of Madagascar, with the description of a new species. *Journal of Zoology*, 224: 11-25.
- Raxworthy, C. J. & Nussbaum, R. A. 2006.** Six new species of occipital-lobed *Calumma* chameleons (Squamata: Chamaeleonidae) from Montane Regions of Madagascar, with a new description and revision of *Calumma brevicorne*. *Copeia*, 4: 711-734.
- Raxworthy, C. J., Andreone, F. Nussbaum, R. A., Rabibisoa, N. & Randriamahazo, H. 1998.** Amphibians and reptiles of the Anjanaharibe-Sud massif, Madagascar: Elevational distribution and regional endemism. In A floral and faunal inventory of the Réserve Spéciale d'Anjanaharibe-Sud, Madagascar: With reference to elevational variation, ed. S. M. Goodman. *Fieldiana*, 90: 79-92.
- Raxworthy, C. J., Ramanamanjato, J-B. & Raselimanana, A. P. 1994.** Les reptiles et les amphibiens. Dans Inventaire biologique : Forêt de Zombitse, eds. S. M. Goodman & O. Langrand. *Recherches pour le développement*, Numéro spécial: 41-57.
- Razafimahatratra, B., Mori, A. & Hasegawa, M. 2008.** Sleeping site pattern and sleeping behavior of *Brookesia decaryi* (Chamaeleonidae) in Ampijoroa dry forest, northwestern Madagascar. *Current Herpetology*, 27: 93-99.
- Razafindrabe, N. T. 2010.** Développement de modèles allométriques en vue d'une quantification de la biomasse forestière aérienne. Cas du site de Bealanana. Région SOFIA. Centre-Nord de Madagascar. Mémoire de fins d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo, Antananarivo.

- Reisinger, W. J., Stuart-Fox, D. M. & Erasmus, B. F. N. 2006.** Habitat associations and conservation status of an endemic forest dwarf chameleon (*Bradypodion* sp.) from South Africa. *Oryx*, 40:183-188.
- Rothe, P. L. 1964.** Régénération naturelle en forêt tropicale : Le *Dipterocarpus dyeri* (vau) sur le versant cambodgien du golfe de Siam. *Bois et Forêt des Tropiques*, 8: 386-397.
- Smith, A. P. 1973.** Stratification of temperate and tropical forests. *The American Naturalist*, 107(957): 671-683.
- Sorg, J. -P. & Rohner, U. 1996.** Climate and tree phenology of the dry deciduous forest of the Kirindy forest. In Ecology and economy of a tropical dry forest, eds. J. U. Ganzhorn & J.-P. Sorg. *Primate Report*, 46(1): 57-80.
- TBA, 2007.** *Field guides. Birds of Kirindy*. Swaingrove, Banson.
- Tolley, K. A. & Herrel, A. 2014.** Biology of the chameleons: An introduction. In *The biology of chameleons*, eds. K. A. Tolley & A. Herrel, pp. 1-50. University of California Press, London.
- Uetz, P., Freed, P. & Hošek, J. 2018.** The reptile database. <http://www.reptile-database.org>. Accessed on 8th October 2018.
- Waeber, P. O., Wilmé, L., Ramamonjisoa, B., Garcia, C., Rakotomalala, D., Rabemananjara, Z. H., Kull, C. A., Ganzhorn, J. U. & Sorg, J. -P. 2015.** Dry forests in Madagascar: Neglected and under pressure. *International Forestry Review*, 17(2): 127-148.
- Wild, C. 1994.** Ecology of the Western pygmy chameleon *Rhampholeon spectrum* (Buchholz, 1874) (Sauria: Chamaeleonidae). *British Herpetological Society Bulletin*, 49: 29-35.
- Wilmé, L. Goodman, S. M. & Ganzhorn, J. U. 2006.** Biogeographic evolution of Madagascar's microendemic biota. *Science*, 312: 1063-1065.
- Zinner, D., Wygoda, C., Razafimanantsoa, L., Rasoloarison, R., Andrianandrasana, H. T., Ganzhorn, J. U. & Torkler, F. 2014.** Analysis of deforestation patterns in the central Menabe, Madagascar, between 1973 and 2010. *Regional Environmental Change*, 14: 157-166.
- Zug, G. R., Vitt, L. J. & Caldwell, J. P. 2001.** *Herpetology: An introductory biology of amphibians and reptiles*. Second edition. Academic Press, London.

ANNEXES

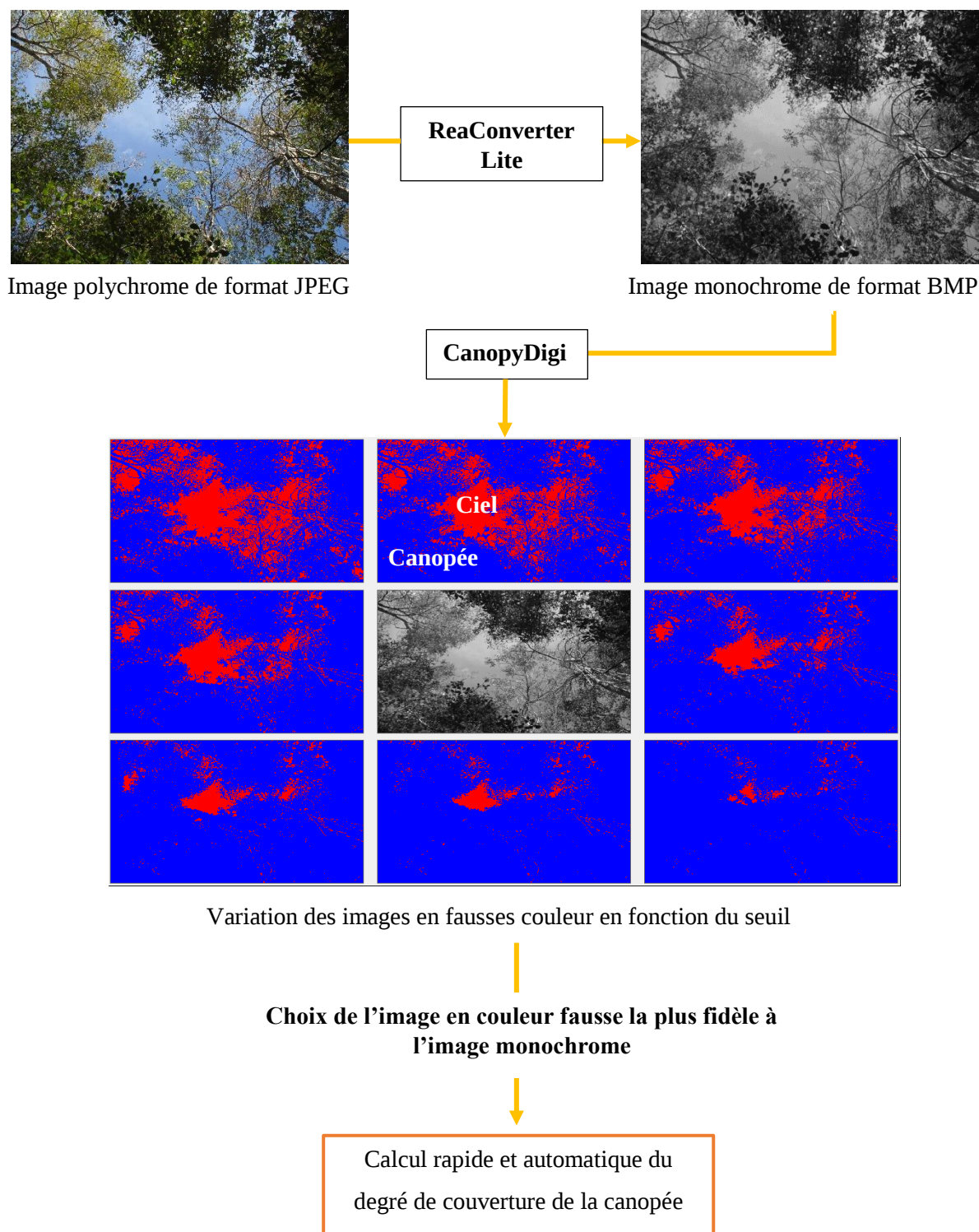
Annexe 1 : Liste des espèces de caméléons de la forêt sèche de Kirindy CNFEREF avec leur statut de conservation UICN, leur appartenance à l'annexe de CITES, leur distribution à Madagascar et leur endémicité (EN : En danger; LC : Préoccupation mineure; VU : Vulnérable) (Sources : Glaw & Vences, 2007; IUCN, 2018)

Espèces	UICN	CITES	Distribution	Endémicité
<i>Brookesia brygooi</i>	LC	Annexe II	Large dans la partie Ouest et Sud-ouest	Endémique
<i>Furcifer labordi</i>	VU	Annexe II	Restreinte dans la partie Ouest et Sud-ouest	Endémique
<i>Furcifer nicosiai</i>	EN	Annexe II	Restreinte dans la partie Ouest	Endémique
<i>Furcifer oustaleti</i>	LC	Annexe II	Large à travers toute l'île	Introduite à Kenya et en Floride

Annexe 2 : Données climatiques de la forêt sèche de Kirindy du mois de Mars 2017 au mois de février 2018 (source : DPZ)

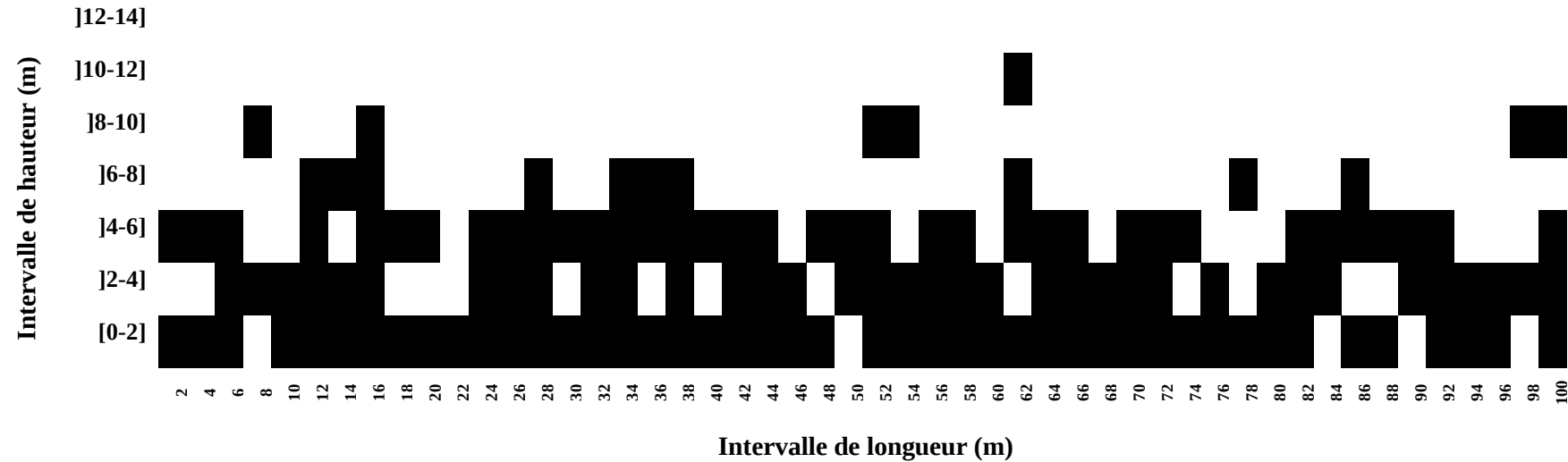
	Mois	Précipitations (mm)	Température (°C)	
			Minimale	Maximale
2017	Mars	2,40	19,00	34,20
	Avril	0,40	14,70	35,60
	Mai	0	11,90	36,10
	Juin	0,10	9,30	35,20
	Juillet	0	7,60	35,50
	Août	0	8,70	36,30
	Septembre	0	9,20	38,10
	Octobre	0	10,30	40,90
	Novembre	1,90	13,50	39,30
	Décembre	72,50	18,80	40,00
2018	Janvier	177,70	20,70	35,90
	Février	81,70	18,80	34,80

Annexe 3 Illustration de la méthode photographique CanopyDigi pour quantifier le degré de couverture de la canopée (clichés par Raselimanana M., 2018)

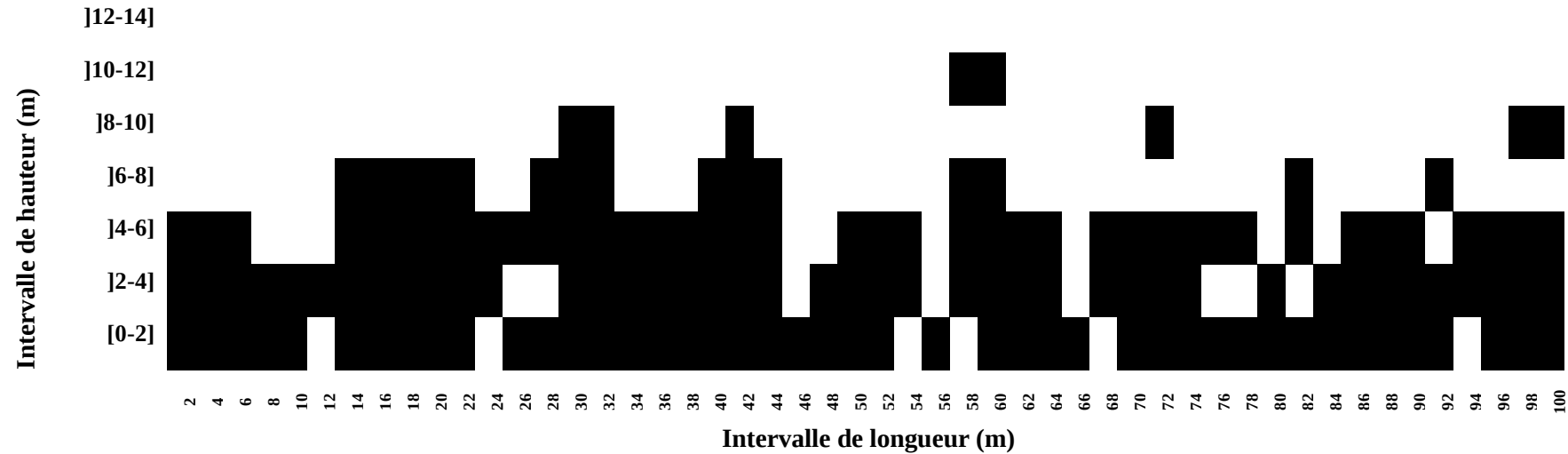


Annexe 4 : Profil structural de la végétation le long des quatre lignes de relevé linéaire de 100 m de long au niveau de CS5 et de N5

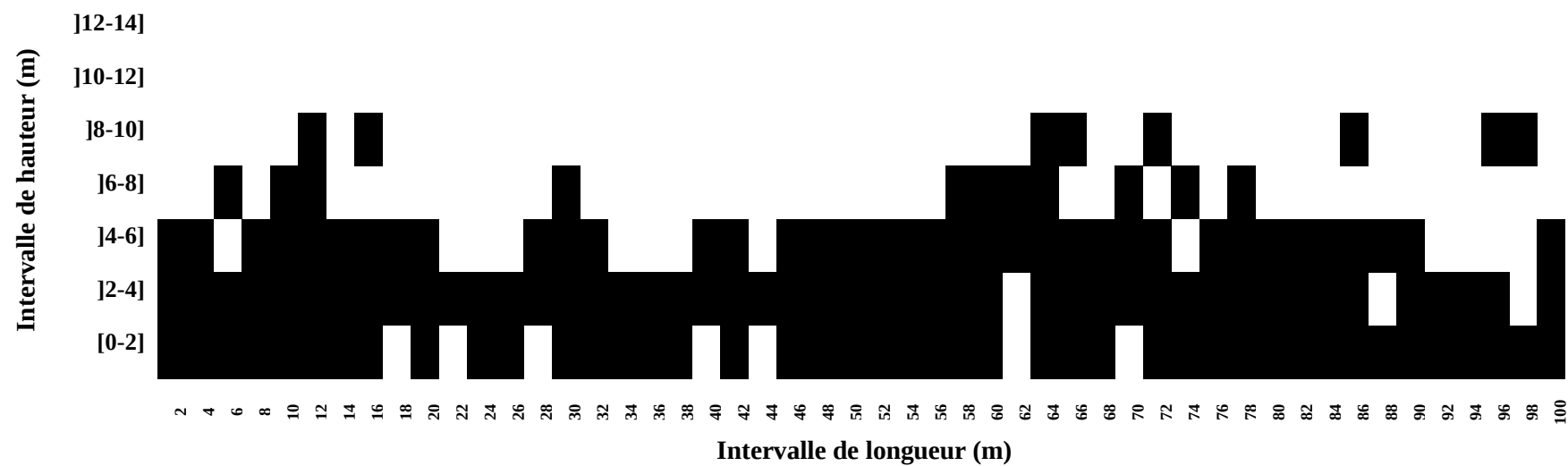
CS5 Partie Est



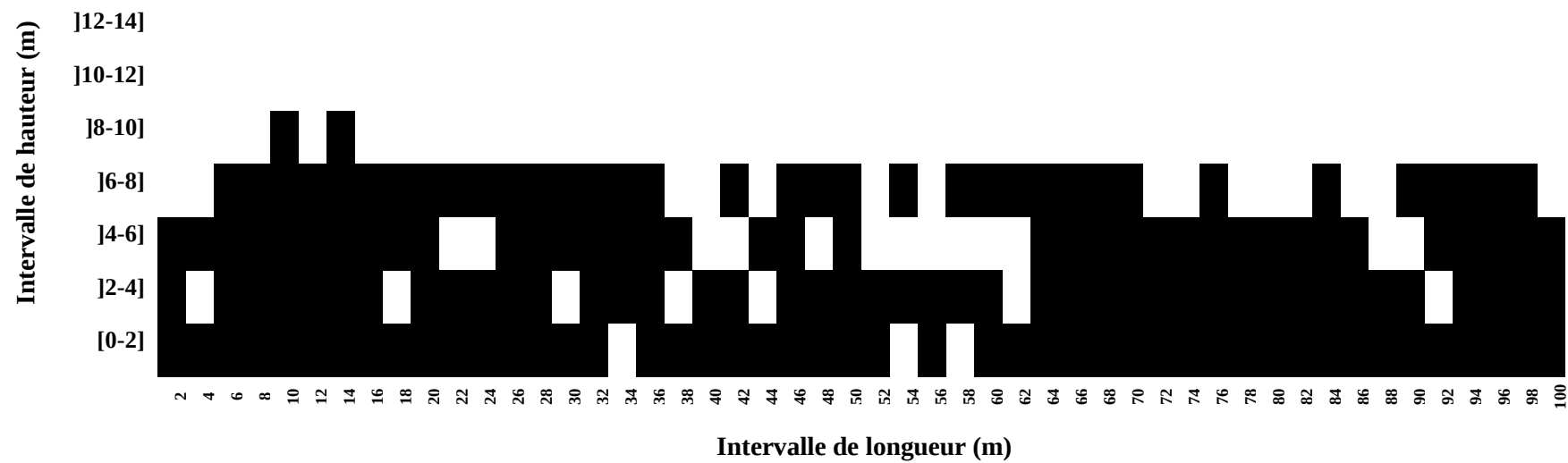
CS5 Partie Ouest



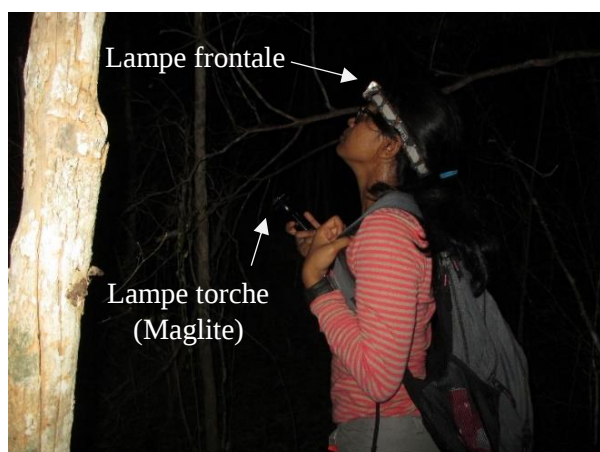
N5 Partie Est



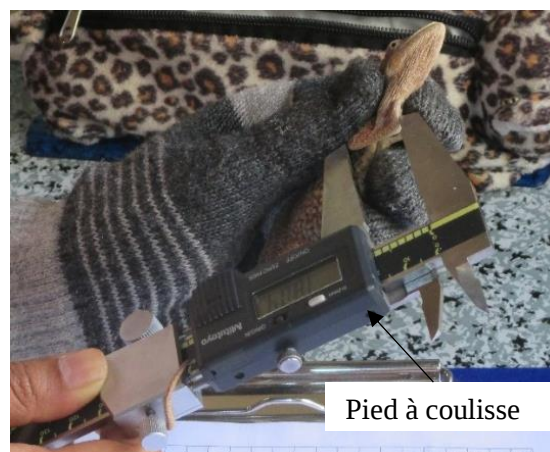
N5 Partie Ouest



Annexe 5 : Illustrations des matériels et méthodes d'échantillonnage (clichés par Raselimanana M., 2008)



Observation nocturne



Mensuration d'un individu



Pesage d'un individu



Télémètre laser



Marquage d'un individu
(Juvénile de *Furcifer labordi*)

Annexe 6 : Illustration des conditions d'exposition du perchoir et des caméléons par rapport au ciel (clichés par Raselimanana M., 2018)



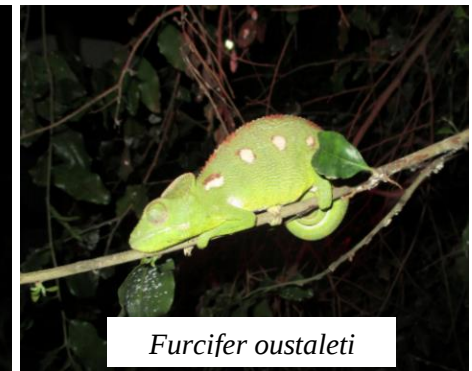
Brookesia brygooi



Furcifer labordi



Furcifer nicosiai



Furcifer oustaleti

Perchoirs et caméléons exposés directement au ciel



Furcifer labordi



Furcifer labordi



Furcifer nicosiai



Furcifer nicosiai

Caméléon caché dans le feuillage

Perchoirs et caméléons cachés sous le feuillage

Caméléon caché par des branches

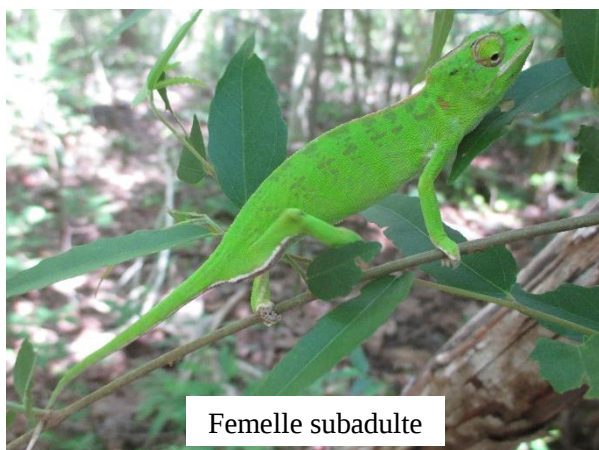
Annexe 7 : Illustrations des différents stades de développement de *Furcifer labordi* dans la forêt sèche de Kirindy (clichés par Raselimanana M., 2018)



Femelle adulte



Mâle adulte



Femelle subadulte



Mâle subadulte



Juvénile



Nouveau-éclos

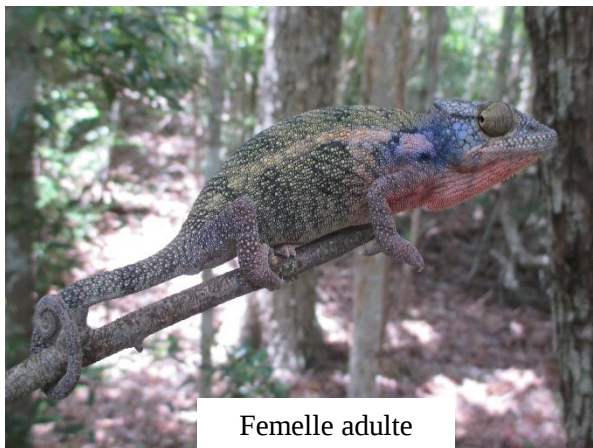
Annexe 8 : Illustrations des différents stades de développement de *Furcifer nicosiai* dans la forêt sèche de Kirindy (clichés par Raselimanana M., 2018)



Femelle adulte



Mâle adulte



Femelle adulte



Mâle subadulte



Juvénile



Nouveau-éclos

Annexe 9 : Femelles adultes de *Furcifer oustaleti* dans la forêt sèche de Kirindy (clichés par Raselimanana M., 2018)



Annexe 10 : Illustrations des différents stades de développement de *Brookesia brygooi* dans la forêt sèche de Kirindy (clichés par Raselimanana M., 2018)

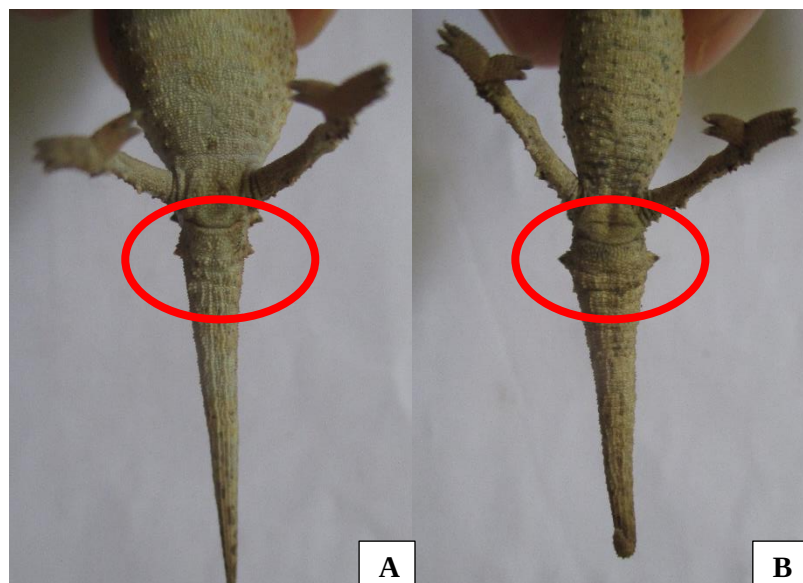


Femelle adulte gravide



Mâle subadulte

Annexe 11 : Comparaison du sexe femelle (A) et mâle (B) de *Brookesia brygooi* (clichés par Raselimanana M., 2018)



Annexe 12 : Formule de l'erreur standard de la moyenne (ESM) d'une variable v_i (s : écart-type de l'échantillon; n : taille de l'échantillon ou nombre d'observations).

$$ESM = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Annexe 13 : Résumé des variables caractéristiques de la hauteur du perchoir en m de chaque espèce (H min : hauteur minimale, H moyenne : Hauteur moyenne; H max : hauteur maximale).

Variables	<i>Brookesia brygooi</i>	<i>Furcifer labordi</i>	<i>Furcifer nicosiai</i>	<i>Furcifer oustaleti</i>
H min	0,05	0,20	0,17	2,00
1 ^{er} quartile	0,15	1,21	1,82	2,88
H moyenne	0,23	2,42	2,82	4,15
3 ^{ème} quartile	0,24	3,75	3,50	5,13
H max	1,30	6,50	7,00	9,00

Annexe 14 : Résultats des tests post hoc de Dunn selon la valeur p du seuil de probabilité d'erreur (* indique que la valeur de p est statistiquement significative soit $p \leq 0,05$)

P/B : pétiole/branche, P/B+F : pétiole/branche et feuille à la fois; CPF : caché par le feuillage, CPB : caché par les branches, CSF : caché sous le feuillage, CSB : caché sous les branches

Variable		Eléments à comparer			Valeur de <i>p</i>
Hauteur du perchoir		<i>Brookesia brygooi</i> – <i>Furcifer labordi</i>			< 0,001*
		<i>Brookesia brygooi</i> – <i>Furcifer nicosiai</i>			< 0,001*
		<i>Brookesia brygooi</i> – <i>Furcifer oustaleti</i>			< 0,001*
		<i>Furcifer labordi</i> – <i>Furcifer nicosiai</i>			0,04*
		<i>Furcifer labordi</i> – <i>Furcifer oustaleti</i>			< 0,001*
		<i>Furcifer nicosiai</i> – <i>Furcifer oustaleti</i>			0,19
Variables	Eléments à comparer	Valeur de <i>p</i>			
		<i>B. brygooi</i>	<i>F. labordi</i>	<i>F. nicosiai</i>	<i>F. oustaleti</i>
Type de plante perchoir	Herbe – arbuste	< 0,001*	< 0,05*	< 0,001*	1
	Herbe – arbre	< 0,001*	1	< 0,05*	0,18
	Herbe – liane	< 0,001*	1	0,42	1
	Arbuste – arbre	1	0,14	0,79	1
	Arbuste – liane	1	< 0,001*	< 0,05*	1
	Arbre – liane	1	0,65	0,52	0,76

Partie de la végétation exploitée ou nature du perchoir	Tige – feuille	0,14	1	1
	Tige – P/B	< 0,001*	< 0,001*	< 0,001*
	Tige – P/B+F	0,02*	1	1
	Feuille – P/B	1	< 0,001*	< 0,001*
	Feuille – P/B+F	1	1	1
	P/B – P/B+F	1	< 0,001*	< 0,001*
Condition d'exposition du perchoir par rapport au ciel	Exposé – CPF	< 0,001*	1	1
	Exposé – CPB	< 0,001*	< 0,001*	< 0,001*
	Exposé – CSF	< 0,001*	1	0,02*
	Exposé – CSB	< 0,001*	< 0,001*	< 0,001*
	CPF – CPB	1	< 0,05*	< 0,05*
	CPF – CSF	1	1	0,79
	CPF – CSB	1	< 0,05*	< 0,05*
	CPB – CSF	1	< 0,001*	0,65
	CPB – CSB	1	1	1
	CSF – CSB	1	< 0,001*	0,78

Annexe 15 : Illustrations de quelques couples de *Furcifer labordi* sur ou près du même perchoir (mâles en bleu et femelles en rouge) (clichés par Raselimanana M., 2018)



Annexe 16 : Illustration de quelques individus de caméléons sur différents types de perchoir (clichés par Raselimanana M., 2018)



Annexe 16 : Illustration de quelques individus de caméléons sur différents types de perchoir (clichés par Raselimanana M., 2018) (suite)



Annexe 17 : Illustrations de la structure de la forêt de Kirindy (clichés par Raselimanana M., 2018)



Sous-bois de la forêt sèche de Kirindy durant la saison sèche



Sous-bois de la forêt sèche de Kirindy durant la saison humide

TITRE : Utilisation de l'habitat et structure de la population des espèces de caméléons dans la forêt sèche de Kirindy CNFEREF, Morondava, Madagascar

RESUME

L'écologie et la biologie de plusieurs espèces de reptiles demeurent encore peu documentées, notamment dans les forêts sèches malgaches. Afin de fournir des informations sur ces domaines, le mode d'utilisation de l'habitat et la structure de la population des caméléons de la forêt sèche de Kirindy CNFEREF ont été étudiés entre novembre 2017 et février 2018. Les travaux ont été effectués dans deux blocs forestiers (CS5 et N5) dont la végétation a été caractérisée par les méthodes de quadrat et de relevé linéaire. Des investigations nocturnes ont été menées pour la collecte des données sur l'utilisation de l'habitat par les caméléons aussi bien sur le plan horizontal que vertical. Les individus observés ont été capturés pour les études morphométriques afin d'établir la structure de chaque population. Au total, 357 individus appartenant à quatre espèces sympatriques ont été observés. Les résultats ont révélé que l'espèce la plus abondante est *Furcifer labordi* ($n = 110$) et la plus rare est *F. oustaleti* ($n = 4$). Alors que *F. labordi* et *Brookesia brygooi* se distribuent uniformément dans la forêt, *F. nicosiai* et *F. oustaleti* présentent une préférence pour les habitats forestiers plus ouverts et perturbés avec une litière plus épaisse. Chaque espèce exploite une strate définie avec *Brookesia brygooi* dans la strate basse (0-1 m), *F. oustaleti* au-dessus de 2 m tandis que *F. labordi* et *F. nicosiai* occupent surtout la strate de 0-4 m mais dans une gamme de hauteur différente. Toutes présentent une préférence quant au type, à la nature, à l'état et à la condition d'exposition au ciel du perchoir ainsi qu'à la hauteur et au diamètre de la plante. La structure de population est identique dans les deux sites pour *B. brygooi* et pour *F. labordi*, alors que les juvéniles sont plus abondants dans CS5 pour *F. nicosiai*. Le sex-ratio est en faveur des femelles pour toutes les espèces sauf pour *F. nicosiai*. Ainsi, de par ces informations, la présente étude constitue une base pour des analyses plus approfondies sur la bio-écologie de ces espèces. Il faudrait en particulier intensifier les recherches et les efforts de conservation pour *F. labordi* et *F. nicosiai* du fait de leur vulnérabilité et de leur confinement dans des zones forestières fortement menacées.

Mots-clés : caméléons, écologie, distribution horizontale, stratification verticale, perchoir, structure de la population, Kirindy CNFEREF, forêt sèche de Madagascar.

ABSTRACT

The ecology and biology of several reptile species are still poorly documented, especially in the Malagasy dry forests. In order to provide information on these areas, the habitat use and population structure of chameleon species in the Kirindy CNFEREF dry forest were studied between November 2017 and February 2018. The investigation was carried out within two forest blocks (CS5 and N5) where the vegetation was characterized by the quadrat and linear sampling methods. Nocturnal surveys were performed to collect data on the habitat use by chameleons both horizontally and vertically. All observed individuals were captured for morphometric studies to establish the population structure of each species. In total, 357 individuals belonging to four sympatric species were observed. The results revealed that the most abundant species was *Furcifer labordi* ($n = 110$) and the rarest was *F. oustaleti* ($n = 4$). While *F. labordi* and *Brookesia brygooi* were evenly distributed in the forest, *F. nicosiai* and *F. oustaleti* showed a preference for more open and disturbed habitat with higher litter depth. Each species exploited a defined stratum with *B. brygooi* in the lower stratum (0-1 m), *F. oustaleti* above 2 m whereas *F. labordi* and *F. nicosiai* mostly used the stratum between 0-4 m though the height range of their perch differed slightly. Each species also favored a perch regarding its type, nature, state, exposure and the height and diameter of the plant. The population structure was identical in both sites for *B. brygooi* and *F. labordi*, while juveniles were more abundant in CS5 for *F. nicosiai*. The sex ratio was female-biased in all species except for *F. nicosiai*. Therefore, based on this information, this study provided a basis for deeper analyses on the biology and ecology of these species. In particular, further research and conservation effort should be made for *F. labordi* and *F. nicosiai* due to their vulnerability and the restriction of their distribution to highly threatened forest areas.

Keywords: chameleons, ecology, horizontal distribution, vertical stratification, perch, population structure, Kirindy CNFEREF, dry forest of Madagascar

Encadreur

Docteur RAHERILALAO Marie Jeanne
Mention Zoologie et Biodiversité Animale,
Faculté des Sciences,
Université d'Antananarivo

Impétrante

RASELIMANANA Miary
Lot II M 4 AG Androhibe, Antananarivo 101,
Madagascar
Tél : +261 33 25 611 71
E-mail : miaryras@gmail.com