

# Diversité des lémuriens nocturnes et impacts de la perturbation de l'habitat sur leur distribution spatiale dans la forêt humide d'Ambohidray, Centre-est, Madagascar

Ravelojaona RN<sup>1</sup>, Rakotomalala Z<sup>1</sup>, Richard Y<sup>1</sup>, Raharinirina H<sup>2</sup>, Kava G<sup>2</sup>, Rakotonomenjanahary SR<sup>3</sup>, Ratsoavina FM<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ecole doctorale Sciences de la Vie et de l'Environnement (SVE), Equipe d'accueil Zoologie et Anthropologie Biologique (ZAB), Université d'Antananarivo

▶ E-mail : raonymartin@gmail.com

<sup>2</sup>Mention Zoologie et Biodiversité Animale (MZBA), Université d'Antananarivo,

E-mail : hanitrabio@gmail.com

<sup>3</sup>Laboratoire de Chimie des Substances Naturelles et Chimie Organique Biologique (LCSN/COB),

Mention Chimie, Ecole doctorale Valorisation des Ressources Naturelles Renouvelables (VRNR)

## 1. Résumé

La biodiversité exceptionnelle de Madagascar est menacée par des facteurs d'origine humaine tels que la chasse et la transformation de l'habitat naturel des espèces en terre cultivable. L'Aire Protégée d'Ambohidray abrite une diversité d'habitats, mais fait face à des pressions anthropiques. Cette étude vise à connaître la composition spécifique des lémuriens nocturnes d'Ambohidray et les impacts de la perturbation de leurs habitats sur leur survie. Pour ce faire, 18 transects de 1000 m ont été installés dans la zone perturbée et la zone relativement perturbée de l'Aire Protégée. Chaque transect a été parcouru six fois (3 nocturnes et 3 diurnes) lors de chaque descente (une pendant la saison chaude et une pendant la saison froide) pour inventorier les espèces de lémuriens présentes. La méthode «distance sampling» a été utilisée pour estimer l'abondance et la densité de chaque espèce inventoriée. Quatre espèces de lémuriens nocturnes ont été recensées : *Avahi laniger*, *Cheirogaleus crossleyi*, *Lepilemur mustelinus* et *Microcebus lehilahytsara*. *Avahi laniger* est la plus représentée (n = 107 observations), suivie par *M. lehilahytsara* (n = 43), *L. mustelinus* (n = 8) et *C. crossleyi* (n = 2). L'estimation de la densité a été uniquement évaluée pour *A. laniger* et *M. lehilahytsara*, avec respectivement 37 et 29 individus/km<sup>2</sup>. Les observations dans la zone perturbée étaient plus élevées comparées à celles de la zone moins perturbée, avec respectivement 40 et 33 individus/km<sup>2</sup> pour *A. laniger*, et 35 et 22 individus/km<sup>2</sup> pour *M. lehilahytsara*. Ainsi ces deux espèces ne seraient pas affectées par la perturbation de leur habitat. Des études plus approfondies sur l'impact de la perturbation de l'habitat sur leur état de santé s'avèrent indispensables. L'utilisation fréquente par d'autres espèces exotiques et par la population locale de ces habitats perturbés pourrait faciliter la transmission des maladies zoonotiques pouvant porter atteinte à la conservation des lémuriens en danger d'extinction et la santé humaine.

**Mots-clés :** *Avahi*, *Microcebus*, taille de la population, distribution spatiale, Ambohidray

## 2. Abstract

Madagascar, renowned for its remarkable biodiversity, faces imminent threats due to human activities such as hunting and habitat alteration. The Ambohidray Protected Area, characterized by diverse habitats, is currently facing anthropogenic pressures. The aim of this study was to determine the specific composition of Ambohidray's nocturnal lemur population and the impact of habitat disturbance on their survival. Employing a systematic approach, 18 transects spanning around 1000 m each were established within the disturbed zones and less disturbed zones. Each transect underwent six visits—three during nocturnal and three during diurnal periods—across both warm and cold seasons to comprehensively assess the lemur species. Utilizing the “distance sampling” method, the abundance and density of each inventoried species were estimated. The findings revealed the presence of four nocturnal lemur species: *Avahi laniger*, *Cheirogaleus crossleyi*, *Lepilemur mustelinus*, and *Microcebus lehilahytsara*. *Avahi laniger* emerged as the most prevalent species (n = 107 observations), followed by *M. lehilahytsara* (n = 43), *L. mustelinus* (n = 8), and *C. crossleyi* (n = 2). The estimated density was only assessed for *A. laniger* and *M. lehilahytsara*, revealing respectively, 37 and 34 individuals/km<sup>2</sup>. Observations in the disturbed area surpassed those in the less disturbed area. Specifically, *A. laniger* exhibited 42 individuals/km<sup>2</sup> in the disturbed zone compared to 32 individuals/km<sup>2</sup> in the less disturbed zone, while *M. lehilahytsara* showed, respectively, 44 and 23 individuals/km<sup>2</sup> in the disturbed and less disturbed zones. These two species would therefore not be affected by habitat disturbance. The frequent use of these disturbed habitats by other exotic species and by the local population could facilitate the transmission of zoonotic diseases that could undermine the conservation of endangered lemurs and endanger human health.

**Keywords:** *Avahi*, *Microcebus*, population size, spatial distribution, Ambohidray

## Introduction

Les forêts naturelles, cruciales pour l'équilibre écologique planétaire, font face à une menace sans précédent due à la déforestation rapide causée par l'exploitation du bois et l'expansion de l'agriculture [1] [2]. Cette tendance alarmante compromet non seulement ces écosystèmes essentiels mais constitue également un défi majeur pour la préservation de la biodiversité mondiale [3]. La dégradation et la fragmentation des habitats naturels obligent de nombreuses espèces à s'adapter aux paysages anthropiques, les exposant ainsi à un risque d'extinction.

Dans le domaine de la primatologie, les réponses des différentes espèces de primates à ces paysages changeants sont fascinantes et divergentes. Alors que certaines espèces font preuve d'une tolérance et d'une adaptabilité remarquables aux environnements anthropogéniques [4], d'autres demeurent profondément dépendantes de leurs habitats forestiers d'origine pour leur survie [5]. De plus, des menaces similaires peuvent entraîner des variations substantielles dans les réponses des espèces de primates [6], soulignant la complexité de leurs interactions avec les habitats perturbés.

Les primates frugivores de grande taille, en particulier, font face à des défis uniques associés à la perturbation de l'habitat en raison de leur dépendance à l'égard d'arbres plus grands, répartis de manière disparate, et de plus grandes aires de répartition par unité de biomasse, les rendant particulièrement sensibles aux effets de la déforestation [7]. À l'inverse, les primates de petite taille qui consomment principalement des insectes ont démontré une plus grande abondance dans les mosaïques d'habitats et une plus grande tolérance à l'altération de l'habitat [8].

Madagascar, renommée pour son extraordinaire biodiversité, offre une étude de cas convaincante pour examiner l'impact des perturbations de l'habitat sur des écosystèmes uniques et leurs habitants. Cette île abrite une diversité exceptionnelle d'espèces de lémuriens, introuvables ailleurs sur Terre [9]. Parmi ces écosystèmes, la Nouvelle Aire Protégée d'Ambohidray se distingue comme l'un des derniers vestiges de forêts sempervirentes humides le long des falaises orientales des hauts plateaux de Madagascar. S'étendant sur 1404 hectares, Ambohidray englobe des forêts relativement intactes, des marais, de petites rivières et des réseaux de lacs interconnectés. Cependant, l'utilisation anthropogénique des terres a entraîné divers degrés de dégradation, particulièrement aux abords de la zone protégée.

En raison de l'importance écologique unique d'Ambohidray et de sa pertinence plus large pour la conservation de la biodiversité, cette étude poursuit deux objectifs majeurs. En premier lieu, il s'agit de faire une investigation approfondie des espèces de lémuriens nocturnes dans la zone protégée d'Ambohidray. En second lieu, l'étude a pour but d'examiner les effets des perturbations de l'habitat sur les populations de ces espèces dans la zone protégée. En mettant en lumière la manière dont ces lémuriens nocturnes réagissent à la perturbation de leur habitat, cette recherche contribue à la compréhension de l'écologie dans un contexte changeant tout en faisant progresser la conservation de ces lémuriens dans leur habitat naturel.

## Matériel et Méthodes

### 1. Site d'étude

L'Aire Protégée d'Ambohidray, localisée dans la région est de Madagascar entre les latitudes 18° 34'' - 18° 37'' sud, ainsi que les longitudes 48° 17'' - 48° 19'' est, appartient à la Commune Rurale de Morarano-Gare, à environ 40 km au nord de Moramanga, le long de la route nationale 44 (Figure 1). Ce site bénéficie d'un climat tempéré humide avec une pluviométrie annuelle moyenne de 1 504,61 mm et une température annuelle moyenne de 20,17°C. Les paysages variés de l'aire protégée comprennent des forêts naturelles, des savanes, des zones altérées par les activités humaines, des peuplements d'Eucalyptus et un lac. Avec une altitude oscillant entre 900 m et 1 052 m, cette région appartient à la zone éco-floristique orientale de moyenne altitude [10].

### 2. Classification de l'habitat

L'Aire Protégée d'Ambohidray se divise systématiquement en deux types d'habitats principaux : le « noyau dur, » moins perturbé, et l'habitat plus altéré, comprenant à la fois la « zone tampon » et la « zone écotouristique. »

La zone centrale représente une section relativement préservée, caractérisée par un sous-bois ne dépassant pas 6 m de hauteur et une couverture végétale de 63 %. La strate moyenne s'étend jusqu'à environ 12 m avec un taux de couverture de 78 %, tandis que la strate supérieure, de 13 à 16 m, conserve un taux de couverture substantiel de 27 % [11].

La zone tampon, bien qu'ayant une certaine intégrité écologique, montre des signes de perturbation. Le sous-bois ne dépasse pas 6 m de hauteur, et le taux de couverture végétale est de 60 %. La strate intermédiaire, d'une hauteur variant entre 7 et 12 m, conserve un taux de couverture de 75 %. Cependant, la strate supérieure, située entre 13 et 16 m, présente un taux de couverture réduit avec 20 % [11].

La zone écotouristique, malgré son appellation, est soumise à une pression humaine significative. Le sous-bois de cette zone ne dépasse pas 4 m de hauteur, avec une couverture végétale réduite à 45 %. La strate intermédiaire, s'étendant de 5 à 10 mètres, maintient un taux de couverture de 60 %, tandis que la strate supérieure, à partir de 12 mètres, présente une réduction supplémentaire du taux de couverture à 25 % [11].

Il est crucial de souligner que la zone tampon et la zone écotouristique, bien qu'initialement désignées pour la conservation et l'écotourisme, font face à une pression croissante de la part des communautés locales impliquées dans des activités agricoles, l'exploitation des arbres (notamment pour la production de charbon de bois), et l'extraction d'or.

### 3. Inventaire des lémuriens

Un inventaire complet des lémuriens dans l'Aire Protégée d'Ambohidray a été réalisé de juin 2021 à mai 2023, couvrant les saisons froides et chaudes, compte tenu des habitudes saisonnières de certaines espèces, telles que les lémuriens nains du genre *Cheirogaleus* en état d'hibernation de mai à septembre [12].

Pour réaliser l'inventaire des lémuriens, la méthode « *Distance Sampling* » a été utilisée [13], avec 18 transects mesurant entre 500 à 1150 m de long, stratégiquement établis afin de couvrir diverses unités écologiques (Figure 1). Des visites diurnes (7h30 à 16h30) et nocturnes (18h00 à 22h00) ont été menées par une équipe spécialisée, suivant un protocole précis.

Chaque observation de lémurien a été documentée avec des détails tels que les coordonnées GPS, la taille du groupe, la distance perpendiculaire à la ligne de transect, la durée de l'étude, et des photos, permettant une compilation précise des données sur la distribution et le comportement des lémuriens en réponse aux perturbations de l'habitat dans la zone protégée d'Ambohidray.

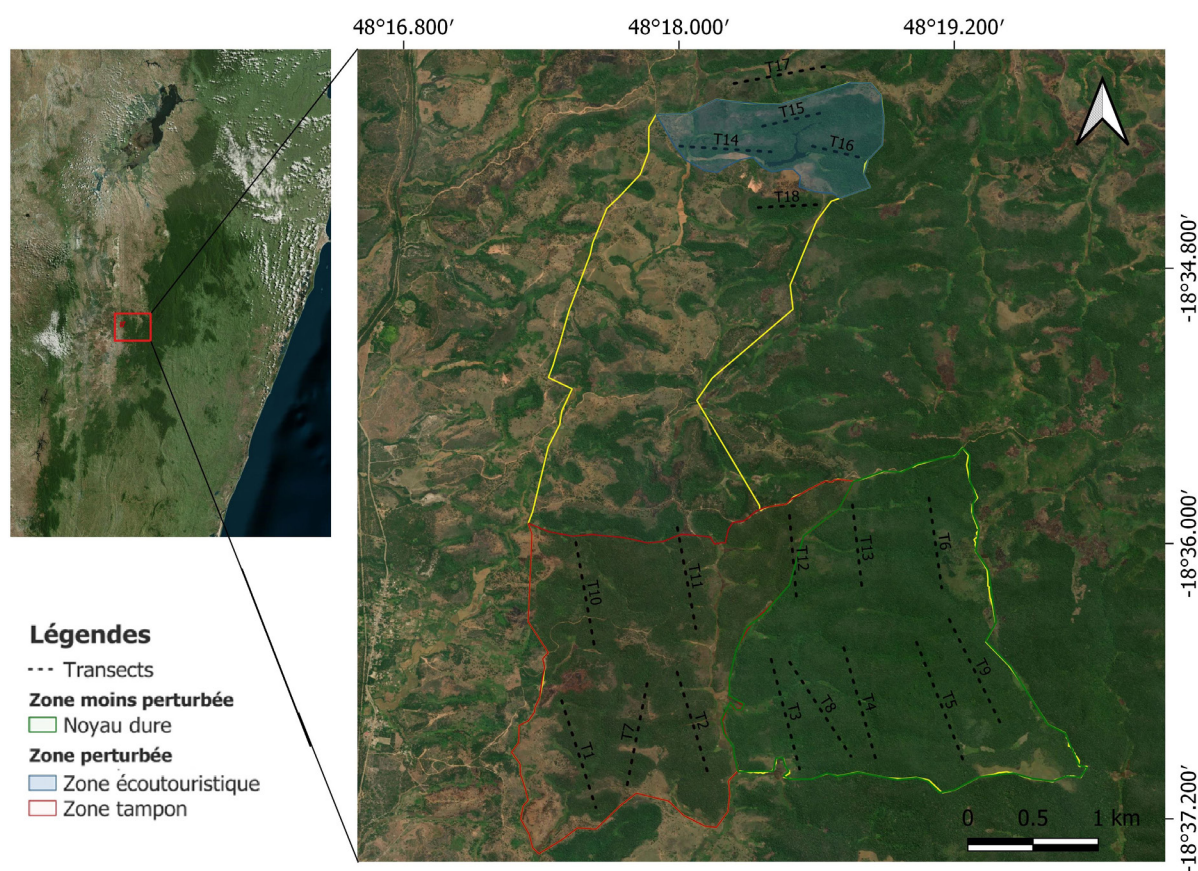


Figure 1 : Localisation de l'Aire Protégée d'Ambohidray et des lignes de transects utilisées lors des inventaires

#### 4. Estimation de la densité

L'évaluation de la densité et de la taille des populations de lémuriens a été réalisée à l'aide de la méthode « Line-transect – *Distance Sampling* », une approche largement reconnue dans la recherche écologique [13] [14]. Cette méthode s'appuie sur les données collectées lors des visites de lignes de transects, offrant des informations cruciales sur la distribution et l'abondance des lémuriens dans la zone d'étude.

Les données collectées lors des visites de transects ont fait l'objet d'une analyse à l'aide du logiciel R, en utilisant le package « *Distance* », un outil spécifiquement conçu pour l'analyse de « *Distance Sampling* ». Cette analyse comporte plusieurs étapes pour estimer avec précision la densité des lémuriens et la taille de la population.

Tout d'abord, trois différentes fonctions de détection (uniforme, half-normal, hazard rate) ont été ajustées aux données observées, évaluant chaque modèle avec des critères tels que les scores AIC pour sélectionner celui qui est le plus adapté. Ensuite, une évaluation approfondie a été effectuée pour s'assurer de l'ajustement précis du modèle choisi aux données observées, en examinant attentivement tout écart ou manque d'adéquation. Une fois le modèle de détection bien ajusté, les estimations des paramètres spécifiques nécessaires pour calculer la densité des lémuriens ont été extraites. En utilisant ces estimations, la densité de la population a été calculée en tenant compte de la longueur des transects et la distance perpendiculaire des individus observés par rapport au transect ainsi que les zones d'échantillonnage. Ces étapes ont permis des estimations robustes de la densité, basées sur une compréhension globale de la distribution des lémuriens dans la zone d'étude, contribuant ainsi à une analyse approfondie de leur population dans l'Aire Protégée d'Ambohidray.

#### 5. Analyse statistique

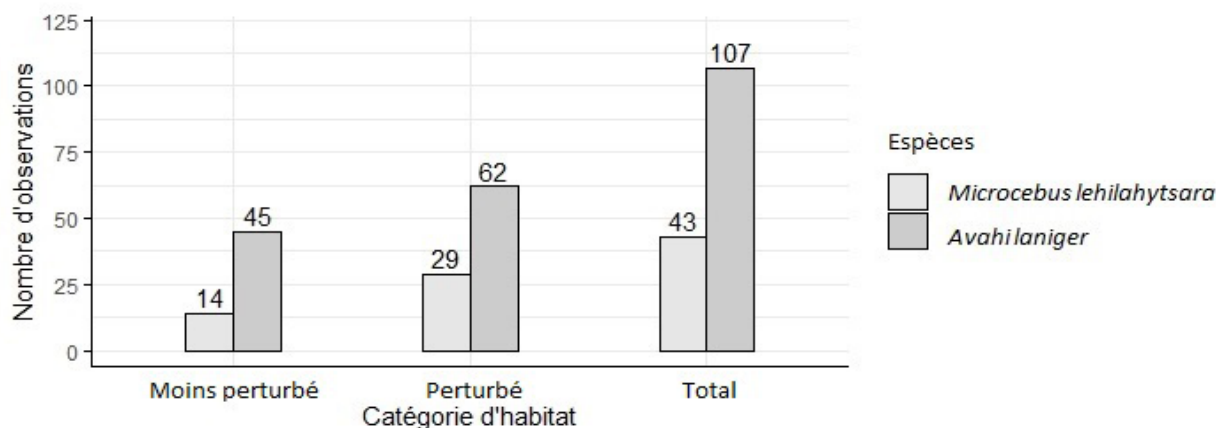
Pour comparer le nombre d'individus par transect dans les habitats perturbés et moins perturbés, le test U de Mann-Whitney a été appliqué, une méthode non paramétrique destinée à évaluer toute différence statistiquement significative entre ces deux catégories d'habitats. L'hypothèse nulle ( $H_0$ ) stipule l'absence de différence substantielle, tandis que l'hypothèse alternative ( $H_a$ ) suggère une disparité significative. L'analyse a considéré un seuil de 0,05 pour déterminer la signification statistique. Un résultat de valeur p inférieur à ce seuil conduit au rejet de l'hypothèse nulle, indiquant ainsi une différence statistiquement significative entre les catégories d'habitat. En complément, le coefficient d'effet d de Cohen a été calculé, fournissant une estimation de l'ampleur de la différence observée et de ses implications concrètes.

### Résultats

Au cours de l'inventaire dans l'AP d'Ambohidray, l'équipe a parcouru une distance totale de 175 km, permettant l'identification de quatre espèces distinctes de lémuriens nocturnes : *Avahi laniger*, *Cheirogaleus crossleyi*, *Lepilemur mustelinus* et *Microcebus lehilahytsara*. Chacune de ces quatre espèces a été observée dans l'habitat perturbé, soulignant leur capacité d'adaptation aux changements anthropogéniques. *C. crossleyi* était absente de l'habitat moins perturbé.

Durant cette étude, un total de 160 observations de ces lémuriens nocturnes ont été faites. *Avahi laniger* a été la plus fréquemment observée, avec 107 occurrences, suivie de *M. lehilahytsara* avec 43 observations, et *L. mustelinus* avec huit observations. *Cheirogaleus crossleyi* a été la moins observée, avec seulement deux occurrences (Figure 2).

Une analyse détaillée a révélé des variations significatives dans le nombre d'observations entre les habitats perturbé et moins perturbé pour *A. laniger* et *M. lehilahytsara*. *Avahi laniger* était plus fréquente dans l'habitat perturbé (62 observations) par rapport à l'habitat moins perturbé (45 observations), ( $W = 5$  ;  $P < 0,0001$  ;  $d = -2,367$ ). *Microcebus lehilahytsara* a également montré des schémas contrastés avec 29 observations dans l'habitat perturbé et 14 dans l'habitat moins perturbé ( $W = 76$  ;  $P < 0,05$  ;  $d = -0,98$ ).



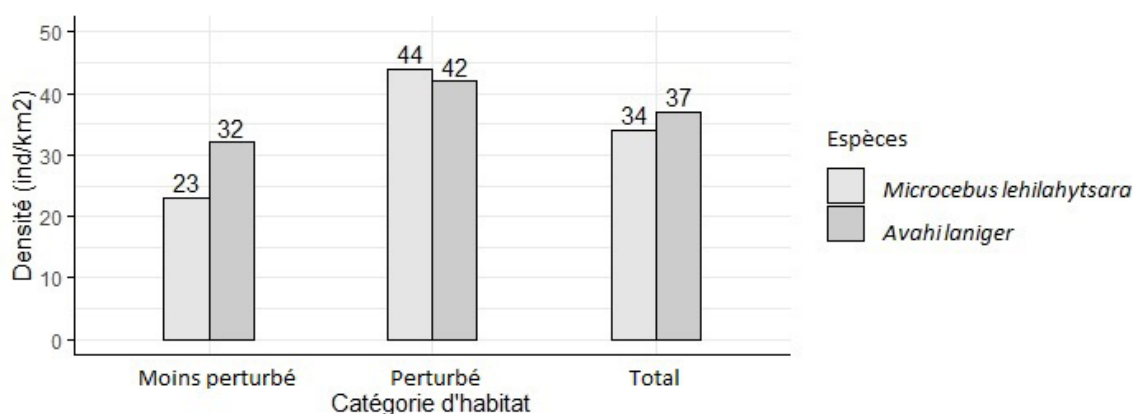
**Figure 2 : Nombre d'individus observés par espèce dans chaque catégorie d'habitat (total = dans la totalité de l'Aire Protégée)**

Suite à l'ajustement de trois fonctions de détection, la fonction *half-normal* (hn) avec un ajustement en cosinus a été sélectionnée comme le modèle le plus approprié suite à son score AIC (Tableau 1). L'analyse de l'ajustement indique un ajustement marginalement significatif ( $W=0,4$  ;  $P=0,06$ ). Les densités de population estimées pour *Avahi laniger* et *Microcebus lehilahytsara* dans la zone protégée d'Ambohidray étaient respectivement de 37 ind/km<sup>2</sup> et 34 ind/km<sup>2</sup> (Figure 3).

**Tableau 1 : Comparaison des fonctions de détection avec ajustement polynômial et cosinus**

Fonction de détection avec leur ajustement	AIC	delta AIC
<i>Uniform key function</i> avec ajustement Polynômial	701,005	2,903
<i>Half-normal key function</i> avec ajustement Polynômial	698,102	0,000
<i>Hazard-rate key function</i> avec ajustement Polynômial	699,747	1,645
<i>Uniform key function</i> avec ajustement Cosinus	698,696	0,594
<i>Half-normal key function</i> avec ajustement Cosinus	698,102	0,000
<i>Hazard-rate key function</i> avec ajustement Cosinus	699,747	1,645

Dans l'habitat perturbé, la densité d'*A. laniger* était estimée à 42 ind/km<sup>2</sup>, légèrement inférieure à celle de l'habitat moins perturbé (32 ind/km<sup>2</sup>). Pour *M. lehilahytsara*, la densité était estimée à 44 ind/km<sup>2</sup> dans l'habitat perturbé, tandis que dans l'habitat moins perturbé, elle était nettement inférieure (23 ind/km<sup>2</sup>) (Figure 3). Ces estimations fournissent des informations cruciales sur la distribution et l'abondance de ces lémuriens dans la zone protégée.



**Figure 3 : Densité estimée de chaque espèce étudiée dans les différents types d'habitat (total = dans la totalité de l'Aire Protégée)**

## Discussion

Avec la confirmation de la présence de quatre espèces de lémuriens nocturnes dans la zone protégée d'Ambohidray, la présente étude rapporte des données importantes sur la communauté de ces primates. Il est à souligner qu'aucun inventaire n'a eu lieu dans ce site auparavant, d'où l'importance d'une telle recherche. La diversité des espèces recensées suggère une similarité avec d'autres sites voisins tels que Vohimana [15], le corridor Mantadia-Zahamena [16] et Maromizaha [17]. Cependant, l'absence notable des deux espèces, *Allocebus trichotis* et *Daubentonia madagascariensis*, suscite l'intérêt pour une étude approfondie afin de comprendre les facteurs écologiques sous-jacents, tels que les préférences en matière d'habitat, la disponibilité des ressources et les éventuelles pressions anthropogéniques qui peuvent exister à Ambohidray.

Cette étude a documenté 43 observations de *Microcebus lehilahytsara*, avec une densité estimée à 34 ind/km<sup>2</sup>. En comparant ces résultats à d'autres sites, des similitudes sont observées, par exemple, avec Vohimana (37 observations) et Mantadia-Zahamena (36 observations). Cependant, une disparité significative apparaît lorsqu'il s'agit de comparer les observations de *M. lehilahytsara* avec d'autres espèces comme *M. tavaratra*, enregistrant des chiffres considérablement plus élevés dans des régions différentes. Ces variations soulignent la nécessité d'approfondir la compréhension des préférences en termes d'habitat et de facteurs écologiques influençant l'abondance des différentes populations de lémuriens [18].

La densité estimée d'*A. laniger* dans la zone d'étude était de 37 ind/km<sup>2</sup>, alignée de près avec les résultats de Manompana (41 ind/km<sup>2</sup>), utilisant une méthode similaire. Ces constatations démontrent la cohérence des résultats entre différentes régions [19].

Dans cette étude, une tendance significative a été constatée pour les densités de la population de *Microcebus lehilahytsara* entre les zones perturbées (D = 44) et moins perturbées (D = 23) de l'Aire Protégée d'Ambohidray. De manière similaire, *Avahi laniger* présente une densité plus élevée dans la zone perturbée (D = 42), comparée à l'habitat moins perturbé (D = 32). Ces résultats suggèrent que pour certaines espèces de lémuriens, un habitat dégradé peut héberger des populations viables. Bien que les forêts relativement intactes de zones protégées soient cruciales pour la préservation de la biodiversité [20], des études récentes soulignent le potentiel des paysages hétérogènes, composés de petites exploitations agricoles, d'agroforesterie et de vestiges forestiers [21][22]. Ces paysages démontrent leur capacité à maintenir des niveaux élevés de biodiversité dans les régions tropicales [21][22]. Les résultats de cette étude convergent avec un nombre croissant de preuves indiquant que malgré la perturbation et la fragmentation de l'habitat, certaines espèces de lémuriens peuvent persister et prospérer. Cette résilience souligne l'importance d'adopter des stratégies de conservation à l'échelle du paysage, intégrant à la fois les zones protégées et les environnements modifiés par l'homme. Une telle approche intégrée offre des perspectives prometteuses pour la coexistence entre la conservation de la biodiversité et les activités humaines durables.

## Conclusion

Face aux défis favorisant la déforestation et la dégradation de l'habitat, cette étude met en évidence l'adaptabilité des lémuriens nocturnes de Madagascar à des environnements perturbés. L'attention s'est concentrée sur l'Aire Protégée d'Ambohidray, qui offre un aperçu microcosmique des enjeux mondiaux de conservation de la biodiversité. À travers cet inventaire approfondi, quatre espèces de lémuriens nocturnes ont été identifiées dans cet écosystème unique. Bien que des similitudes avec des sites voisins émergent des résultats obtenus, l'absence de certaines espèces incite à poursuivre des études écologiques.

L'analyse approfondie des densités de lémuriens dans les habitats perturbés et moins perturbés révèle des tendances intrigantes. *Microcebus lehilahytsara* et *Avahi laniger*, malgré des niches écologiques différentes, prospèrent dans les zones perturbées, mettant en lumière la résilience de certaines espèces de lémuriens face à la dégradation de l'habitat. Ces observations s'alignent sur les preuves croissantes indiquant que des paysages diversifiés, englobant à la fois des zones protégées et des zones modifiées par l'homme, peuvent favoriser la biodiversité.

Avec l'accentuation des interactions entre l'homme et la faune, la préservation de la santé des populations sauvages devient impérative. Des études antérieures ont mis en évidence une corrélation entre des facteurs tels que la longueur des lisières, l'utilisation de l'habitat par l'homme, et l'augmentation des contacts entre espèces ainsi que le partage d'agents pathogènes. Ces constatations soulignent l'urgence d'adopter des mesures proactives visant à protéger simultanément la faune et la santé humaine au sein de ces écosystèmes dynamiques.

## Remerciements

Les auteurs tiennent à exprimer leurs plus profonds remerciements au Ministère de l'Environnement et du Développement Durable pour avoir généreusement accordé l'autorisation de recherche (n°087/21/MEDD/SG/DGGE/DAPRNE/SCBE.RE). Ils remercient également l'Université d'Antananarivo et la Mention Zoologie et Biodiversité Animale pour leur précieuse assistance dans les procédures d'obtention d'autorisation, ainsi que pour leur soutien continu. Les auteurs expriment leur gratitude envers la Mention Biologie et Ecologie Végétales gestionnaire de l'Aire Protégée d'Ambohidray ainsi qu'envers toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail. Enfin, Ils remercient chaleureusement la Fondation Volkswagen Stiftung pour son soutien financier qui a rendu cette étude possible. Ces partenaires ont joué un rôle déterminant dans le succès de ce projet, et les auteurs sont profondément reconnaissants envers eux.

## Références bibliographiques

- [1] Evans J. 2009. Planted forests: Uses, impacts and sustainability. CAB International and Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. 229p.
- [2] FAO. 2011. State of the world's forests. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 179p
- [3] Brooks TM, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Da Fonseca GA, Rylands AB, Konstant WR. 2002. Habitat loss and extinction in the hotspots of biodiversity. *Conservation Biology* 16(4): 909-923.
- [4] Eppley TM, Donati G, Ramanamanjato JB, Randriatafika F, Andriamandimbiarisoa LN, Rabehevitra D. 2015. The use of an invasive species habitat by a small folivorous primate: Implications for lemur conservation in Madagascar. *PLOS ONE* 10.
- [5] Schwitzer C, Glatt L, Nekaris KAI, Gazhorn JU. 2011. Responses of animals to habitat alterations: An overview focusing on primates. *Endangered Species Research* 14: 31-38.
- [6] Irwin MT, Wright PC, Birkinshaw C, Fisher BL, Gardner CJ, Glos J. 2010. Patterns of species change in anthropogenically disturbed forests of Madagascar. *Biological Conservation* 143(10): 2351-2362.
- [7] Arrigo-Nelson SJ. 2006. The effects of habitat disturbance on ecology and behaviour of *Propithecus edwardsi*, the Milne-Edwards' sifaka in Ranomafana National Park, Madagascar. [PhD thesis]. Stony Brook University, New York. 209p.
- [8] Rode-Margono EJ, Nijman V, Wirdateti W, Nekaris KAI. 2014. Ethology of the critically endangered Javan slow loris *Nycticebus javanicus* E. Geoffroy Saint-Hilaire in West Java. *Asian Primates* 4(2) : 27-38.
- [9] Mittermeier RA, Louis EE, Langrand O, Schwitzer C, Gauthier CA, Rylands AB, Kappeler PM. 2014. Lémuriens de Madagascar. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. 841p.
- [10] Faramalala MH, Rajeriarison C, 1999. Nomenclature des formations végétales de Madagascar. Rapport non publié. ANGAP et Conservation Internationale, Antananarivo. 42p.
- [11] Rabary T, 2018. Proposition d'un plan d'aménagement et de gestion de la Nouvelle Aire Protégée d'Ambohidray (District Moramanga, Région Alaotra-mangoro, Madagascar). Mémoire de Master. Université d'Antananarivo, Antananarivo.
- [12] Blanco MB, Rahalinarivo V. 2010. First direct evidence of hibernation in an eastern dwarf lemur species (*Cheirogaleus crossleyi*) from the high-altitude forest of Tsinjoarivo, central-eastern Madagascar. *Naturwissenschaften* 97: 945-950.
- [13] Buckland ST, Anderson DR, Burnham KP, Laake JL, Borchers DL, Thomas L. 2001. Introduction to distance sampling: Estimating abundance of wildlife populations. Oxford University Press, Oxford.
- [14] Burnham K-P, Anderson D-R, Laake J-L. 1980. Estimation of density from line transects sampling of biological populations. *Wildlife Monographs* 72: 3-202.
- [15] Anania A, Giubilato T, MacDonald M, Sauvadet L, Corsetti S, Rasolondraibe E, Salmona, J. 2019. Inventory of the lemur community in the Vohimana reserve, eastern Madagascar. *Lemur News* 22: 38-44.

- [16] Schmid J, Smolker R. 1998. Lemurs of the Réserve Spéciale d'Anjanaharibe-Sud, Madagascar. *Fieldiana Zoology* 90: 227.
- [17] Ralison JM, Rajaonson A, Ratsimbazafy JH. 2015. Inventaire rapide des lémuriens de Maromizaha en vue d'un programme à long termes de suivi écologique participatif. *Lemur News* 19: 21-24.
- [18] Salmona J, Rakotonanahary A, Thani IM, Zaranaina R, Ralantoharijaona T, Jan F., Chikhi L. 2014. Estimation des densités et taille de population du Microcèbe Roux du Nord de (*Microcebus tavaratra*) dans la région Loky-Manambato (Daraina). *Lemur News* 18: 73-75.
- [19] Sabin E, Delarue C, Misandeau C, Besse P, Salmona J, Chikhi L. 2013. Taille de la population d'*Avahi laniger* dans la Réserve d'Ambodiriana-Manompana, Nord-est de Madagascar. *Lemur News* 17 : 70-72.
- [20] Gray CL, Hill SLL, Newbold T, Hudson LN, Börger L, Contu S, Hoskins AJ, Ferrier S, Purvis A, Scharlemann JPW. 2016. Local biodiversity is higher inside than outside terrestrial protected areas worldwide. *Nature Communications* 7: 12306.
- [21] Melo FP, Pinto SR, Brancalion PH, Castro PS, Rodrigues RR, Aronson J, Tabarelli M. 2013. Priority setting for scaling-up tropical forest restoration projects: Early lessons from the Atlantic Forest Restoration Pact. *Environmental Science & Policy* 33: 395-404.
- [22] Schroth G, da Fonseca, GA, Harvey CA, Gascon C, Vasconcelos HL, Izac AMN Eds. 2013. *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*. Island press, Washington.