

Aperçu des amphibiens et des reptiles du Parc National de Namoroka : Diversité biologique, intérêt biogéographique et représentativité en matière de conservation

Hajaniaina Rasoloarison^{1,2}, Bernard Randriamahatantsoa¹, Nirhy Rabibisoa^{1,2} & Christopher J. Raxworthy³

¹ Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement, BP. 652, Campus Universitaire d'Ambondrona, Université de Mahajanga, Mahajanga 401, Madagascar

E-mail : rasoloarisonh@gmail.com, nhcrabibisoa@gmail.com

² Ecole Doctorale Ecosystèmes Naturels, BP 652, Université de Mahajanga, Mahajanga 401, Madagascar
E-mail : bernardzoo01@gmail.com,

³ American Museum of Natural History, Central Park West at 79th Street, New York, 10024-5192, USA
E-mail : rax@amnh.org

Résumé

Les forêts sèches se développant sur les substrats karstiques du Parc National de Namoroka ont fait l'objet d'un inventaire de l'herpétofaune de novembre à décembre 2016. Les techniques d'inventaire ont été basées sur les trois méthodes, dont l'observation directe sur transects, la fouille systématique des lieux de refuge et les pièges à fosses avec barrière plastique. A l'issue de cette étude, 57 espèces d'herpétofaune ont été recensées, dont 16 (28 %) espèces d'amphibiens et 41 (72 %) espèces de reptiles. Trois formes, dont deux amphibiens et un reptile sont indéterminées qui ressemblent morphologiquement à des espèces connues, alors que deux espèces de reptiles sont nouvelles pour la science et actuellement en cours de description. D'une manière générale, les espèces recensées sont caractéristiques du biome sec de l'Ouest, et parmi elles, sept (12 %) au moins sont inféodées dans les forêts sèches à substrat karstique, alors que certaines ne sont recensées que dans le Moyen-ouest. Cinq espèces de reptiles ont des intérêts importants en termes de conservation dont deux endémiques locales et trois menacées suivant la liste rouge des espèces menacées. Du point de vue biogéographique, Namoroka fait partie des massifs calcaires qui dominent l'Ouest et le Centre-ouest, tels que Kasijy, Ankara et le plateau de Kelifely qui

partagent de nombreuses espèces en commun. Malgré son statut d'aire protégée, Namoroka est soumis à de nombreuses pressions et menaces d'origine anthropique et naturelle. Entourée de milieux savaniques régulièrement brûlés, l'aire protégée est vulnérable à différentes pressions et menaces, notamment la divagation des zébus et les feux de brousses.

Mots clés : herpétofaune, substrat karstique, biogéographie, Madagascar, Namoroka

Extended abstract

The dry forests on karstic limestone substrates within the Namoroka National Park were the subject of an amphibian and reptile survey conducted from November to December 2016. This study aimed to assess the composition, diversity, and distribution of amphibians and reptiles inhabiting this habitat. The assessment methods employed the following techniques: direct visual encounter surveys along established transects, systematic searches of potential refuges such as cavities and crevices, and pitfall traps equipped with drift fences to capture terrestrial species. A total of 57 amphibians and reptiles were recorded, comprising 16 amphibian species (28%) and 41 reptile species (72%). Among these, three morphologically distinct but as yet unidentified forms were observed, including two amphibians and one reptile, which could not be definitively assigned to any described species, suggesting the possibility of novel taxa. Furthermore, two reptile species new to science were discovered and are currently undergoing formal description, highlighting the significant biological interest of the area. From ecological and biogeographical perspectives, the recorded species are characteristic of the dry biome of western Madagascar. Notably, seven species (12%) are associated with dry forests on karstic substrates, an ecologically specialized and vulnerable habitat, while others are restricted to the mid-western region, emphasizing the local and regional conservation importance of Namoroka National Park. From a conservation perspective, five reptile species were identified as of particular concern

due to their local endemism or threatened status, two are endemic to the region, whereas three are classified as threatened according to the International Union for Conservation of Nature Red List. These findings underscore the crucial role of Namoroka in safeguarding Madagascar's unique herpetofaunal biodiversity. Namoroka forms part of a network of prominent limestone massifs in western and mid-western Madagascar, including Kasijy, Ankara, and the Kelifely Plateau. These karstic massifs share numerous species, reflecting ecological continuity and faunal similarities that highlight these areas as biodiversity hotspots. Despite its designation as a protected area, Namoroka National Park faces various anthropogenic and natural threats. It is surrounded by grassland ecosystems that are frequently affected by fires, making the park susceptible to disturbances such as uncontrolled zebu grazing and bushfires. These pressures lead to habitat degradation and loss of refuges critical to the survival of different herpetofaunal species, underscoring the urgent need for targeted management and conservation strategies to ensure the long-term protection of this unique biodiversity.

Keywords: herpetofauna, karst substrate, biogeography, Madagascar, Namoroka

Introduction

Le Parc National de Namoroka se trouve dans la partie occidentale de Madagascar. Il est principalement caractérisé par une forêt sèche caducifoliée se développant sur un substrat karstique sédimentaire du jurassique (Goodman *et al.*, 2018). Cette formation calcaire est très érodée, formant des pinacles bien distincts par endroits. Elle y occupe une grande partie de la masse terrestre (Allorge & Haevermans, 2015). Comme dans d'autres formations karstiques, en l'occurrence celle de l'Ankarana, ces structures forment un relief déchiqueté et ruiniforme en surface et en dessous des grottes et des réseaux hydrologiques souterrains (Gilli, 2014). Suivant la nature des substrats notamment les sols, la couverture végétale varie de la prairie et de la formation secondaire à une forêt dense sèche semi-caducue. La présence des nombreux canyons relativement profonds, humides et avec de sols riches en matières organiques favorise l'installation dans un tel endroit d'une formation végétale haute et verdoyante. Le Parc National de Namoroka présente ainsi un paysage écologique relativement hétérogène, composé d'habitats de types et de natures variés. Cette hétérogénéité

écologique offre des microhabitats et des biotopes diversifiés, favorisant ainsi une richesse biologique importante (Raselimanana, 2008).

La diversité des habitats pourrait être à l'origine d'une radiation adaptative chez les amphibiens et les reptiles (Rakotondravony & Goodman, 2011), pouvant conduire vers une adaptation morphologique particulière en faveur du micro-endémisme. Ces trois dernières décennies, les recherches biologiques menées dans plusieurs blocs forestiers de l'Ouest de Madagascar, notamment dans les zones calcaires, ont permis de mieux explorer la biodiversité locale. Elles ont permis de découvrir de nombreuses espèces jusqu'alors inconnues de la science, à partir des spécimens types prélevés sur place. Il s'agit entre autres des cas d'un amphibien *Gephyromantis atsingy* (Crottini *et al.*, 2011) et de quelques espèces de reptiles tels que *Paroedura tanjaka* (Nussbaum & Raxworthy, 2000), *P. hordiesi* (Glaw *et al.*, 2014), *P. spelaea* (Glaw *et al.*, 2018), *P. neglecta* (Köhler *et al.*, 2019), *Phelsuma borai* (Glaw *et al.*, 2009), *Blaesodactylus microtuberculatus* (Jono *et al.*, 2015), *B. victori* (Ineich *et al.*, 2016), *Madagascarophis lolo* (Ruane *et al.*, 2016), *Madascincus miafina* (Mirallès *et al.*, 2016), and *Geckolepis megalepis* (Scherz *et al.*, 2017). Ces nouvelles espèces, récemment décrites, semblent être endémiques de leur localité d'origine respective et strictement inféodées à ce type de formation.

Malgré les considérables efforts déjà déployés au cours de ces deux dernières décades pour explorer la biodiversité malgache, de nombreux sites restent encore mal connus, surtout ceux des zones reculées même s'ils sont inclus dans le système des aires protégées. Parmi ces zones de conservation reculées et biologiquement mal documentées figure le Parc National de Namoroka. La difficulté d'accès à ce site ne fait que compliquer la situation, il est d'ailleurs considéré comme un *terra incognita* de la biodiversité de Madagascar pour cette raison (Allorge & Haevermans, 2015). Pourtant, la connaissance de la diversité biologique d'un site quant à la richesse spécifique de sa communauté et de la distribution spatio-temporelle des espèces est d'une importance capitale dans l'aménagement et la planification en matière de gestion et de conservation d'une aire protégée. Les informations telles que l'exigence physiologique et écologique des espèces, l'extension de la distribution des espèces rares, de nouvelles espèces pour la science, ainsi que des espèces cryptiques ou localement endémiques ne sont recueillies qu'à partir d'explorations biologiques.

Ces dernières décennies, des efforts considérables ont été déployés pour explorer la

diversité des amphibiens et des reptiles du biome sèche de l'Ouest de Madagascar (Raselimanana, 2008, 2013), notamment ceux des sites reposant sur des substrats karstiques (Rakotondravony & Goodman, 2011 ; Randriamoria, 2011). Pourtant, de nombreux sites restent encore inexplorés ou nécessitent d'être revisités afin d'évaluer l'évolution des populations qui y sont présentes et, par ailleurs, de mettre à jour les données scientifiques existantes (Goodman *et al.*, 2018). Ainsi, de nombreuses espèces demeurent à découvrir et à décrire (Raxworthy *et al.*, 2008a ; Vieites *et al.*, 2009). Les forêts sèches, en particulier celles situées dans des zones reculées, constituent une priorité compte tenu des fortes pressions et menaces qui pèsent sur ces écosystèmes et leur biodiversité (Waeber *et al.*, 2015).

Afin de combler les lacunes en matière d'informations sur la diversité biologique des amphibiens et des reptiles et d'évaluer l'intérêt biogéographique du Parc National de Namoroka, un inventaire biologique des amphibiens et des reptiles a été mené dans trois sites, de novembre à décembre 2016. Cette saison correspond au biorythme maximal de ces groupes d'organismes poïkilothermes. La

représentativité du parc en matière de la conservation de la diversité de la faune herpétologique sera évaluée. Une analyse biogéographique permettra de mieux comprendre son intérêt biologique vis-à-vis d'autres sites similaires de l'Ouest malgache.

Méthodologie

Sites d'étude

Le Parc National de Namoroka (Figure 1) est localisé dans le District de Soalala, Région Boeny et à 50 km au Sud de la ville du Chef-lieu de District. Sa superficie est de 22 509 ha avec une altitude variant de 0 à 225 m (Goodman *et al.*, 2018). La précipitation annuelle atteint 1 389 mm dont 98 % enregistrée entre novembre à avril, tandis que la température moyenne annuelle est de 27,8 °C (Goodman *et al.*, 2018). La végétation appartient au Domaine de l'Ouest (Humbert, 1965). Pourtant, la complexité du microhabitat, des canyons et l'abondance des rochers permettent à de nombreuses typologies de végétation de s'installer (Moat & Smith, 2007). Lors de cette exploration, trois sites ont été visités (Figure 1).

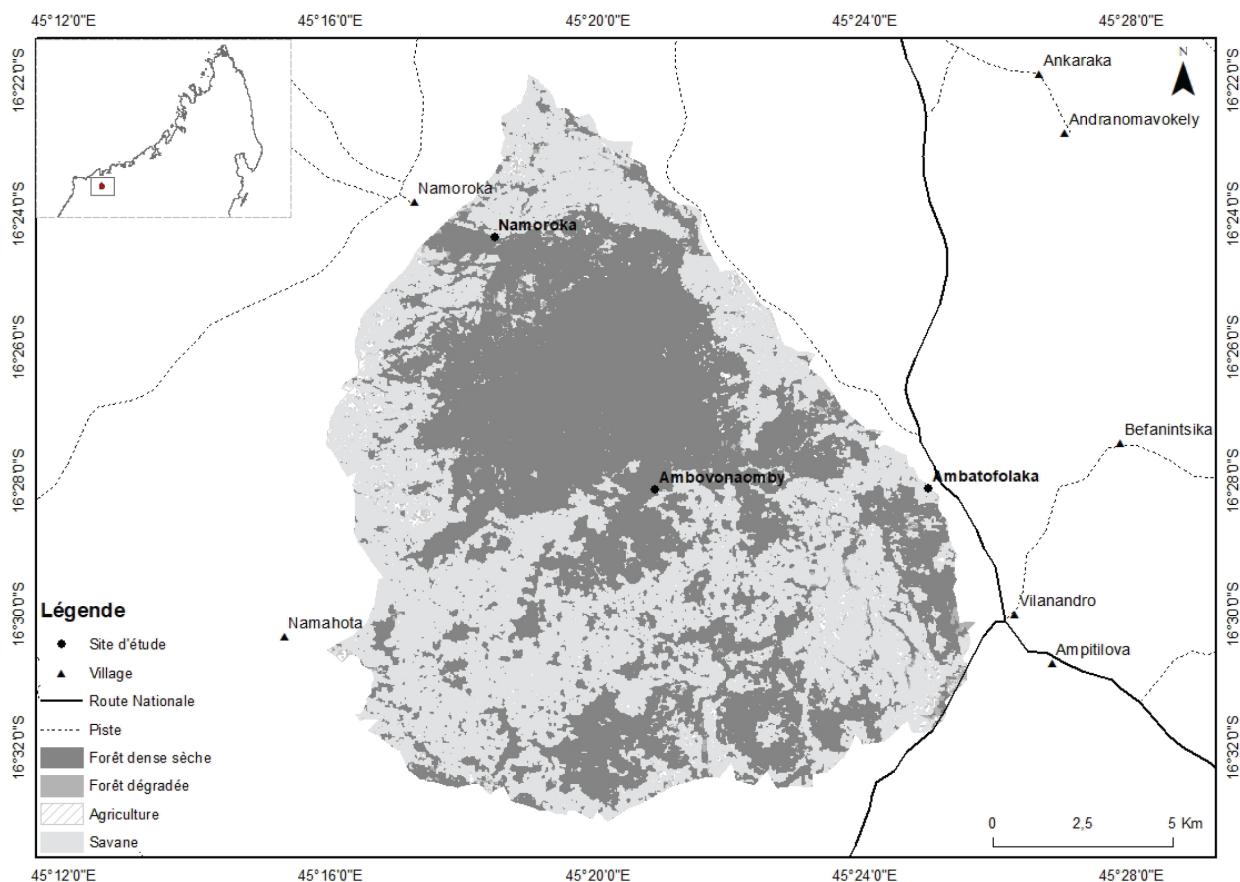


Figure 1. Localisation du Parc National de Namoroka et les trois sites d'étude.

Ambatofolaka (site 1) : 16°28'07"S, 45°24'58"E, 125 m d'altitude, inventorié du 1 au 7 décembre 2016. Ce site se situe à 5 km à vol d'oiseau du village de Vilanandro, Commune Rurale d'Andranomavo. Il est caractérisé par la présence des petits *tsingy*. Les formations végétales sont principalement composées d'espèces qui ont des formes d'adaptation aux roches calcaires, ou rupicole (*tsingy*). Les essences dominantes sont composées de *Pachypodium* sp. (Apocynaceae) et *Adansonia rubrostipa* (Malvaceae). C'est une formation végétale avec une canopée relativement ouverte. De nombreuses activités anthropogéniques ont été observées à l'intérieur de la forêt en raison de sa proximité avec le village. De plus, le point d'eau permanent se trouve à 5 km du campement principal.

Ambovonaomby : 16°28'08"S, 45°20'52"E, 118 m d'altitude, inventorié du 8 au 14 décembre 2016). Ce site se situant à 26 km à l'ouest du village de Vilanandro, inclus dans la Commune Rurale d'Andranomavo. La végétation est représentée par de nombreuses formes rupicoles, en raison de l'abondance des rochers, et les grands *tsingy* qui prolongent ce site. Elle se caractérise par une canopée plus ou moins ouverte et est dominée par de grands arbres pouvant atteindre 20 à 25 m de hauteur sur les *tsingy*, tandis qu'elle devient rabougrie et plus ouverte dans les zones où les espèces présentent des adaptations rupicoles. Dans les canyons humides, la végétation est relativement verdoyante et la canopée relativement fermée. Les microhabitats de ces sites sont plus hétérogènes, mais il n'y a pas de point d'eau permanent.

Namoroka : 16°24'00"S, 45°17'21"E, 87 m d'altitude, inventorié du 16 au 22 décembre 2016. Ce site est inclus dans le Fokontany de Namoroka, Commune Rurale d'Andranomavo. Il se trouve au sud du village de Namoroka. La canopée de 6 m de haut en moyenne est ouverte avec des émergents qui atteignent jusqu'à 15 m. Les essences dominantes de la forêt sont *Cynometra* sp. (Fabaceae) et *Croton* sp. (Euphorbiaceae). Le sous-bois est dense et parfois impénétrable dans les canyons humides. Les lianes sont abondantes dans les crevasses et entre les rochers. C'est le site le plus rocailleux par rapport aux deux autres. La coupe de bois durs et les feux de brousse constituent les principales menaces qui pèsent autour de ce site.

Techniques d'inventaire

Trois techniques d'inventaire biologique ont été adoptées lors de l'inventaire (Raxworthy & Nussbaum, 1994). Il s'agit de l'observation directe le long des itinéraires échantillons, la fouille systématique des lieux de refuge et le piégeage par trou-piège (pitfall) avec barrière en plastique.

Observations directes

Cette technique consiste à faire une observation sur le long d'un itinéraire échantillon (ligne de transect), en effectuant une inspection minutieuse de tous les milieux et les substrats depuis le niveau du sol jusqu'à la canopée afin de déceler la présence d'amphibiens et de reptiles. Trois lignes de transect d'une longueur comprise entre 1000 et 1500 m pour chaque site ont été parcourues. Ce sont des sentiers préexistants ou aménagés qui traversent les différents types d'habitats identifiés, y compris les zones forestières, la savane périphérique et les zones dégradées ainsi que les lisières. Le nombre et la longueur d'itinéraires échantillons dépendent de l'accessibilité et de l'hétérogénéité du milieu. L'objectif est de pouvoir faire autant que possible un échantillonnage représentatif. Les forêts galeries le long des cours d'eau font partie des zones explorées. Les observations sont faites durant des visites diurnes et nocturnes. Les observations nocturnes sont effectuées à l'aide d'une lampe frontale. La réflexion de la lumière par les yeux de l'animal permet de le repérer facilement. La visite nocturne permet aussi de recenser les animaux diurnes qui perchent la nuit sur leur dortoir.

Fouille systématique

La fouille systématique consiste à examiner minutieusement les lieux et les microhabitats susceptibles de constituer des lieux de refuge, de chasse, d'abri ou de reproduction pour les espèces. Cette technique s'applique aux espèces dont les mœurs ou les biotopes sont spécifiques comme les espèces humicoles, fousseuses, ou celles qui vivent sous les écorces sèches, dans les bois morts en décomposition, ou encore dans les fissures des rochers. La fouille systématique est effectuée le jour en parallèle avec la technique de l'observation directe. Les grottes, les parois des canyons et les points d'eaux font partie des habitats particuliers qui doivent être inspectés minutieusement au cours de la fouille.

Trou-pièges avec barrières en plastique

Les trous-pièges sont des dispositifs destinés à capturer principalement les animaux terrestres, fousseuses et humicoles. Le système consiste à installer une ligne de 100 m de longueur, long de laquelle un seau en plastique (de 15 l) est enfoncé jusqu'à son bord supérieur dans le sol tous les 10 m. Le long de la ligne, une bande plastique de 80 cm de largeur est dressée à l'aide des piquets en bois ; elle traverse le centre de chaque seau. La base de la bande plastique est parallèlement pliée à la surface du sol, puis recouverte de litière et de débris organiques afin de renforcer la tension de la barrière et d'empêcher les animaux de la traverser. Le fond de chaque seau est percé des petits trous afin de laisser l'eau s'écouler en cas de pluie pour éviter la noyade des animaux capturés. Deux lignes de trous-pièges, composée de 11 seaux chacune, soit un total de 22 seaux, ont été installées à la place des trois initialement prévues en raison de la rareté des sols pouvant être creusés. La durée de piégeage est de six jours et six nuits consécutifs, la visite a lieu chaque matin avant le lever du soleil.

Données collectées

Lors de l'inventaire, les individus détectés ont été photographiés dans leurs habitats naturels afin de documenter leurs caractéristiques phénotypiques, puis capturés pour l'identification. La qualité des microhabitats dans lesquels chaque individu a été recensé a été notée. Deux à trois individus par site et par espèce ont été collectés pour constituer des spécimens de référence, conformément à l'autorisation de recherche N° 281/16/MEEF/SG/DGF/DSAP/SCB. Ces spécimens ont été déposés et conservés dans la salle de collection du Laboratoire de Zoologie, Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement, Université de Mahajanga, Mahajanga, Madagascar ainsi qu'à l'American Museum of Natural History, New York, USA. Des échantillons de tissus ont également été prélevés pour chaque espèce et conservés dans de l'alcool à 95 % en vue d'éventuelles études génétiques moléculaires.

Caractéristique écologie des espèces recensées

Pour établir un plan de conservation efficace d'une espèce donnée, ou de l'ensemble de la biodiversité, il est crucial de comprendre leurs exigences écologiques, ou éventuellement leurs capacités à

s'adapter à des habitats potentiellement perturbés. Ainsi, les informations sur l'écologie de chaque espèce, tels que les mœurs (nocturne [N] ou diurne [D]), les habitats (forestière [F], lisière [L], ubiquiste [U]), ainsi que les microhabitats ou biotopes (rocher [Ro], aquatique [Aq], fousseuse [Fo], arboricole [Ar], terrestre [Tr]) fréquentés par les espèces recensées ont été notées. Elles ont été évaluées à partir de la fréquence d'observation, de leurs comportements dans leurs habitats. De plus, pour chaque espèce détectée, la profondeur de l'humus ainsi que les caractéristiques de son microhabitat ont été aussi notées.

Evaluation des pressions et des menaces

Les pressions et les menaces ont été relevées par deux méthodes, notamment les observations directes dans chaque site d'échantillonnage et les échanges avec les communautés locales. Les observations directes ont été conduites afin de relever d'une manière qualitative les différentes pressions et menaces dans les sites inventoriés. Les échanges ont été menés avec les communautés afin de déterminer la fréquence et la durée de leurs passages dans la forêt. La compilation de ces données permet d'évaluer l'intensité de chaque type de pressions dans les trois sites inventoriés.

Identification des espèces et taxonomie

L'identification des spécimens s'est principalement basée sur les caractères morphologiques stables, les clés de détermination et les caractères diagnostiques figurant dans les guides des amphibiens et des reptiles (Glaw & Vences, 2007 ; Andreone *et al.*, 2017). Pour certains groupes qui ont fait l'objet de révisions taxonomiques récentes, les dernières propositions ont été prises en compte. Il s'agit entre autres, de la récente proposition de Scherz *et al.* (2016) pour les amphibiens Microhylidae, de la nomenclature proposée par Erens *et al.* (2017) pour les reptiles Scincidae, et des dernières révisions de Cadle et Ineich (2008) et de Nagy *et al.* (2010) pour les serpents. Dans certains cas, l'acronyme « cf. » est utilisé pour indiquer que l'attribution du nom scientifique est difficile à déterminer, mais l'individu ressemble morphologiquement à une espèce connue mentionnée.

Analyse des données

Mesure de l'abondance relative

Afin d'estimer la taille de la population de chaque espèce dans l'ensemble du Parc National de Namoroka, son abondance relative (exprimée en %) a été estimée en se basant sur la fréquence à laquelle elle a été observée pendant la période d'inventaire. Ainsi, trois classes d'abondance relative ont été établies : (1) l'espèce est dite rare lorsque l'abondance relative est strictement inférieure à 2 % ; (2) elle est dite peu fréquente lorsque l'abondance relative est comprise entre 2-5 % ; et (3) elle est dite commune lorsque l'abondance relative est comprise entre 5-7 % et finalement si l'abondance est strictement supérieure à 7 %, elle est dite abondante (D'Cruz *et al.*, 2007).

Analyse de similarité des sites

Une analyse biogéographique utilisant l'indice de similarité de Jaccard a été effectuée pour évaluer l'affinité des sites de la formation karstique du Moyen-ouest de Madagascar. Six sites, à savoir, le Parc National de Namoroka, le Parc National du Tsingy de Bemaraha, la Réserve Spéciale de Kasijy, le Paysage Harmonieux Protégé de Beanka ainsi que les sites non-protégés de Kelifely et d'Ankara ont été sélectionnés. Les données obtenues au cours de cette étude sont combinées avec celles disponibles pour ces sites, qui sont collectées avec les mêmes méthodes d'inventaire biologique. Elles proviennent de différentes sources. Pour le Parc National de Namoroka (cette étude ; C. J. Raxworthy, non publiées ; Goodman *et al.*, 2018) ; pour la Réserve Spéciale de Kasijy (Rasoloarison *et al.*, in prep) ; pour le Parc National du Tsingy de Bemaraha et le Paysage Harmonieux Protégées Beanka (Goodman

et al., 2018) et pour les sites de Kelifely et d'Ankara (Rakotondravony & Goodman, 2011). Les morpho-espèces ainsi que les espèces non identifiées n'ont pas été prises en compte dans l'analyse.

Résultats

Richesse et composition spécifique

Un total de 57 espèces regroupant 38 genres et 13 familles a été recensé dans le Parc National de Namoroka (Tableau 1), dont 16 espèces d'amphibiens (28 %), et 41 espèces de reptiles (72 %). Quatre formes pour les amphibiens et cinq pour les reptiles n'ont pu être déterminées en utilisant les diagnostics morphologiques disponibles. Certaines se ressemblent morphologiquement à des espèces connues, alors que d'autres ne ressemblent à aucune des formes décrites scientifiquement, comme c'est le cas de *Blommersia* sp.. Elles pourraient ainsi représenter de nouvelles espèces pour la science, ou du moins présenter une variation morphologique d'espèces connues.

En effet, la courbe cumulative des espèces (Figure 2) révèle une augmentation continue du nombre d'espèces recensées au cours des jours d'échantillonnage. Les trois sites présentent des tendances comparables, avec toutefois un cumul légèrement plus élevé pour le site de Namoroka. La tendance à l'atténuation de la progression observée en fin d'échantillonnage suggère que l'effort de prospection a permis d'approcher l'essentiel de la richesse spécifique présente. Pourtant, l'allure de la courbe pour le site d'Ambovonaomby reste ascendante jusqu'au dernier jour, ce qui laisse suggérer que d'autre espèces pourraient être encore inventoriées avec un peu plus d'effort.

Le site Ambatofolaka est légèrement moins riche avec 36 espèces (neuf amphibiens et 27 reptiles)

Tableau 1. Répartition des espèces d'amphibiens et de reptiles dans les habitats et les biotopes de sites inventoriés du Parc National de Namoroka ainsi que leurs mœurs et leur statut de conservation. Présence --* : présence de l'espèce et (*) : présence rapportée par les villageoises ; Mœurs --D : diurne, N : nocturne ; Statut de conservation -- CR : En danger critique selon l'IUCN (IUCN, 2025), EN : En danger, VU : Vulnérable, et LC : Préoccupation mineure.

Taxa	Ambatofolaka	Ambovonaomby	Namoroka	Mœurs	Habitat	Biotope	IUCN
AMPHIBIA							
Dicroglossidae							
<i>Hoplobatrachus tigerinus</i>	*		*	D	L	Aq	LC
Hyperoliidae							
<i>Heterixalus carbonei</i>	*			D	F, L	Bv	LC
<i>Heterixalus luteostriatus</i>			*	N	F, L	Bv	LC
Microhylidae							
<i>Anilany helenae</i>		*		N	F	Fo	CR
<i>Dyscophus insularis</i>	*	*	*	N	F	Tr	LC
<i>Scaphiophryne calcarata</i>		*		D	F	Fo	LC
<i>Rhombophryne</i> sp.			*	N	F	Fo	

Tableau 1. (suite)

Taxa	Ambatofolaka	Ambovonaomby	Namoroka	Mœurs	Habitat	Biotope	IUCN
Mantellidae							
<i>Aglyptodactylus securifer</i>	*	*	*	N	F	Ru, Tr	LC
<i>Blommersia</i> cf. <i>wittei</i>	*		*	N	F	Bv	
<i>Blommersia</i> sp.			*	N	F	Bv, Ro	
<i>Boophis doulioti</i>	*	*	*	N	F, L	Bv	LC
<i>Gephyromantis antsingy</i>			*	D	F	Bv, Tr	EN
<i>Laliostoma labrosum</i>	*		*	N	U	Tr	LC
<i>Mantella betsileo</i>	*	*	*	D	F	Aq, Tr	LC
<i>Mantidactylus ulcerosus</i>			*	N	F	Aq	LC
Ptychadenidae							
<i>Ptychadena mascareniensis</i>	*		*	N	U	Aq	LC
Total amphibiens (= 16)	9	6	13				
REPTILIA							
Sanziniidae							
<i>Acrantophis madagascariensis</i>		*		N	F	Tr	LC
<i>Sanzinia volontany</i>		*	*	N	F, L	Bv, Tr	
Chamaeleonidae							
<i>Brookesia brygooi</i>	*	*	*	D	F	Bv, Tr, Ru	LC
<i>Brookesia bonsi</i>			*	D	F	Bv, Tr	CR
<i>Furcifer angeli</i>	*	*	*	D	F	Bv	LC
<i>Furcifer oustaleti</i>	*	*	*	D	F, L	Bv	LC
Crocodylidae							
<i>Crocodylus niloticus</i>	(*)		*	N	U	Aq	LC
Gekkonidae							
<i>Blaesodactylus sakalava</i>	*	*	*	N	F	Bv	LC
<i>Blaesodactylus victori</i>	*	*		N	F	Bv	
<i>Geckolepis maculata</i>	*	*	*	N	F, L	Bv	LC
<i>Hemidactylus mercatorius</i>	*		*	N	L	Bv	LC
<i>Lygodactylus tolampyae</i>	*	*	*	D	F	Bv	LC
<i>Lygodactylus namoroka</i>	*	*		D	F	Bv, Ru	
<i>Paroedura tanjaka</i>	*	*		N	F	Tr, Ru	EN
<i>Paroedura karstophila</i>	*	*	*	N	F	Ru	LC
<i>Phelsuma kochi</i>	*	*	*	D	F, L	Bv	LC
<i>Phelsuma mutabilis</i>	*		*	D	F	Bv	LC
<i>Phelsuma abbotti</i>		*	*	D	F,	Bv	LC
<i>Phelsuma lineata</i>			*	D	F, L	Bv	LC
Gerrhosauridae							
<i>Zonosaurus laticaudatus</i>	*	*	*	D	U	Tr, Ru	LC
Pseudoxyrhophiidae							
<i>Dromicodryas bernieri</i>	*	*	*	D	U	Tr	LC
<i>Dromicodryas quadrilineatus</i>		*	*	D	F, L	Tr, Ru	LC
<i>Ithyocyphus miniatus</i>			*	N	F	Bv, Tr	LC
<i>Leioheterodon madagascariensis</i>	*	*	*	D	U	Tr	LC
<i>Leioheterodon modestus</i>	*	*	*	D	U	Tr, Ru	LC
<i>Liophidium torquatum</i>		*	*	D	F	Fo	LC
<i>Lycodryas citrinus</i>	*		*	N	F	Ru	VU
<i>Lycodryas pseudogranuliceps</i>	*	*		N	F	Bv, Ru	LC
<i>Lycodryas</i> sp. nov.		*		N	F	Bv, Ru	
<i>Madagascarchophis colubrinus</i>	*	*	*	N	U	Tr, Ar, Bv	LC
<i>Phisalixella tulearensis</i>		*		N	F	Bv	LC
<i>Pseudoxyrhopus quinquelineatus</i>			*	D	F, L	Fo	LC
<i>Thamnosophis lateralis</i>	*	*	*	D	U	Tr	LC
Psammophiidae							
<i>Mimophis occultus</i>	*	*	*	D	U	Tr	
Opluridae							
<i>Oplurus cuvieri</i>	*	*	*	D	L	Ru	LC
Scincidae							
<i>Flexiseps tanysona</i>		*	*	N	F	Fo	LC
<i>Madascincus mifina</i>	*	*	*	N	F	Fo	-
<i>Trachylepis elegans</i>	*	*		D	L	Fo	LC
<i>Trachylepis gravenhorstii</i>	*	*		D	L	Fo	LC
<i>Trachylepis tandrefana</i>	*	*	*	D	F, L	Tr	LC
<i>Trachylepis</i> cf. <i>dumasi</i>		*		D	F, L	Fo	-
Total reptiles (41)	27	33	31				
Total herpétofaune (57)	36	39	44				

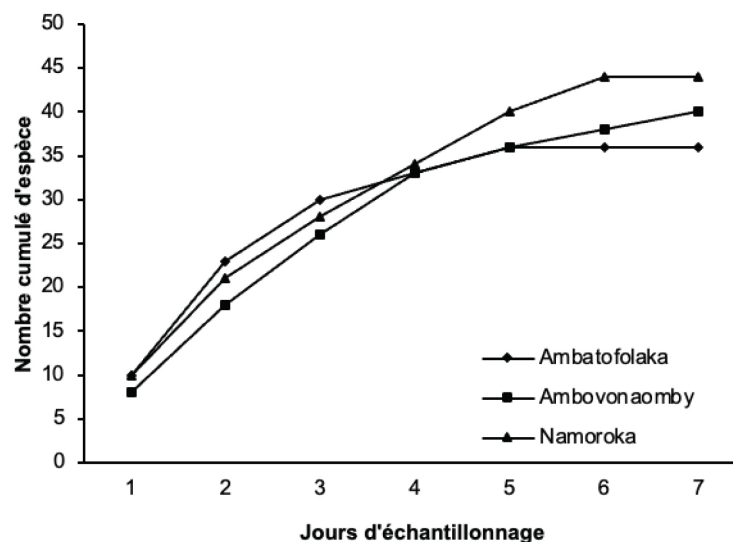


Figure 2. Courbe cumulative des espèces inventoriées dans les trois sites d'étude dans la Parc National de Namoroka.

par rapport aux deux autres, Ambovonaomby et Namoroka, qui ont respectivement 39 espèces (six amphibiens et 33 reptiles) et 44 espèces (13 amphibiens et 31 reptiles). A part deux amphibiens (*Ptychadena mascareniensis*, *Hoplobatrachus tigerinus*) et cinq reptiles, toutes les espèces inventoriées sont endémiques de Madagascar. Certaines ont une répartition restreinte dans la région de Moyen-ouest de Madagascar comme, *Heterixalus carbonei*, *Gephyromantis antsingy*, *Lycodryas citrinus*, *Paroedura tanjaka*, *Blaesodactylus victori* et *Brookesia bonsi*.

Parmi les amphibiens, deux Microhylidae n'ont été recensées que dans les canyons humides, dans le site d'Ambovonaomby qui sont *Anilahy helenae* et *Scaphiophryne calcarata*, alors que *Gephyromantis antsingy* n'a été inventorié que dans la partie plus au nord à Namoroka. Cette espèce récemment décrite n'est connue que dans deux aires protégées : le Paysage Harmonieux Protégé de Beanka et le Parc National du Tsingy de Bemaraha. Elle a donc connu une extension de son aire de répartition plus au nord. Aucune espèce d'amphibien n'est endémique locale, alors que pour les reptiles, deux espèces n'ont été documentées que dans le Parc National de Namoroka. Il s'agit du caméléon *Brookesia bonsi* qui n'a été inventorié que dans le site de Namoroka (site 3) et du gecko récemment décrit *Blaesodactylus vicroti* a été recensé seulement dans deux sites, Ambatofolaka (site 1) et Ambovonaomby (site 2).

La plupart des taxa inventoriés sont caractéristiques de la forêt sèche de l'Ouest, notamment de la région du Moyen-ouest, avec

13 espèces (22,4 %). Sept espèces (12,1 %) sont strictement inféodées dans les grottes et les canyons à la surface de la formation karstique. Parmi les espèces recensées, huit (13,8 %) ont été recensées dans les habitats non forestiers à proximité des forêts. En outre, par rapport aux nombre respectifs des taxa inventoriés, cinq espèces d'amphibiens (29,4 %) et 11 espèces de reptiles (26,2 %) ont été à la fois recensées dans les habitats ouverts et dans la forêt. La quasi-totalité des espèces inventoriées sont, par conséquent, strictement forestières (72,4 %).

Concernant leur affinité écologique, les espèces arboricoles sont les plus dominantes par rapport à celles des autres microhabitats avec 26 espèces (44,2 %) inventoriées. Les espèces terrestres sont au nombre de 21 (36,2 %). Les espèces aquatiques et fouisseuses sont toutefois les moins diversifiées avec respectivement sept (12,1 %) et trois (5,2 %) espèces. Ces derniers groupes n'ont été inventoriés qu'à partir de la méthode de piégeage par trou-piège et la fouille systématique, justifiant ainsi la complémentarité des trois méthodes utilisées.

Abondance relative

Au total, 14 espèces (24,1 %) semblent plus abondantes, en termes de représentativité dans les trois sites inventoriés. Il s'agit principalement d'espèces généralistes fréquemment rencontrées dans les différents types d'habitats comme les forêts, les lisières forestières et sur les rochers, telles que *Hoplobatrachus tigerinus*, *Heterixalus carbonei*, ou encore les reptiles *Brookesia brygooi* et *Phelsuma kochi*. Par ailleurs, quelques groupes peu fréquents



Figure 3. Photos de quelques espèces du Parc National de Namoroka : **A)** *Rhombophryne* sp., **B)** *Blommersia* sp., **C)** *Brookesia bonsi* et **E)** *Blaesodactylus victori*. (Photos par Bernard Randriamahatantsoa.)

sont représentés par 21 espèces (36,2 %). Ce sont des espèces qui ont des particularités écologiques nécessitant plus d'effort de recherche afin de les détecter. Les espèces les plus remarquables sont *Boophis doulioti*, *Furcifer oustaleti*, *Paroedura karstophila* et *Zonosaurus laticaudatus*. Certaines sont strictement forestières et n'ayant été recensées qu'une ou deux fois avec la méthode de piégeage par trou-piège, comme *Rhombophryne* sp. (Figure 3A). *Blommersia* sp. (Figure 3B) est également strictement forestière et présente une faible abondance relative. *Brookesia bonsi* (Figure 3C) et l'espèce récemment décrite *Blaesodactylus victori* (Figure 3E) complètent ce groupe.

Statut de conservation

En ce qui concerne le statut de conservation des espèces inventoriées suivant la liste rouge de l'UICN (UICN, 2025), aucune espèce d'amphibien ne figure sur la liste des espèces menacées, considérant le statut taxonomique encore incertain pour la plupart. En effet, les spécimens de références collectés nécessitent des études systématiques approfondies

pour éclaircir leur statut de conservation. Par contre, chez les reptiles, trois espèces sont menacées : deux espèces, *Paroedura tanjaka* et *Lycodryas citrinus*, sont classées Vulnérable, tandis que *Brookesia bonsi* est En danger critique d'extinction. Ces espèces ont été recensées en nombre relativement faible dans les trois sites du Parc National de Namoroka et ce site constitue en effet un autre refuge pour ces espèces.

Affinité biogéographique

La toponymie du dendrogramme de similarité (Figure 4) met en évidence une nette variation suivant un gradient nord-sud. Ce dendrogramme identifie trois groupes biogéographiques distincts. Le premier groupe rassemble les sites du centre-ouest situés à proximité du fleuve Mahavavy, incluant les sites du plateau de Kelifely (Kelifely et Ankara) ainsi que la Réserve Spéciale de Kasijy, adjacente à ce plateau. Le deuxième groupe comprend les deux sites du Moyen-ouest, Namoroka et Beanka, localisés plus à l'ouest par rapport au premier groupe. Enfin, le troisième groupe, isolé, correspond au site de Bemaraha, situé plus au sud. Cet isolement

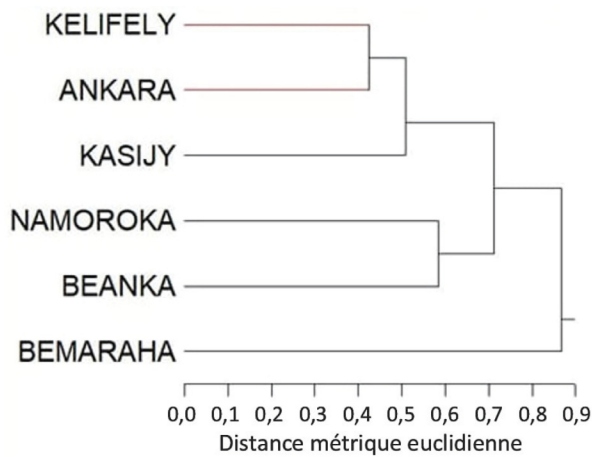


Figure 4. Dendrogramme de similarité de l'herpétofaune associée à la formation karstique dans la partie ouest de Madagascar.

géographique témoigne d'une diversité spécifique importante, justifiant la considération de Bemaraha comme une région biogéographique distincte.

Menaces et pressions

Les coupes sélectives des bois durs constituent l'une des pressions les plus répandues dans le Parc National de Namoroka surtout dans les sites bordant les villages et les plus fréquemment identifiées. Les traces de coupes récentes en sont la preuve. La collecte d'autres produits forestiers non ligneux et évoquée par les communautés, comme le miel, les fibres et les plantes médicinales, a été fréquemment identifiée par la suite. Des pièges pour les potamochères et les chauves-souris, ainsi que d'autres dispositifs fonctionnels, ont été trouvés dans les lisières bordant les sites d'Ambatofolaka et d'Ambovonaomby.

En outre, les lisières forestières sont grignotées par les feux de brousses dans les milieux savanicoles, en particulier aux environs des villages et des hameaux. Ces feux s'étendent parfois dans les milieux forestiers. Dans le site d'Ambovonaomby, la divagation des zébus dans les forêts, notamment dans les grottes, constitue une source de menace pour ces écosystèmes. Ces dernières constituent l'un des réservoirs d'eau qui abritent des espèces végétales typiques de la forêt dense humide sempervirente de l'Est de Madagascar. Elles garantissent l'installation de microhabitats favorables à de nombreux amphibiens endémiques.

Discussion

Diversité et composition spécifique

La richesse spécifique en amphibiens observée dans le Parc National de Namoroka est dominée par des espèces caractéristiques des forêts sèches de Madagascar (Glaw & Vences, 2007 ; Andreone *et al.*, 2008). Toutefois, des différences remarquables, tant en termes de richesse que de composition spécifique, sont clairement perceptibles entre les trois sites étudiés. En tant que taxon particulièrement sensible aux variations environnementales (Vallan, 2000 ; Raxworthy *et al.*, 2008b), la distribution et la diversité des amphibiens apparaissent fortement influencées par l'hétérogénéité des microhabitats, en particulier par la présence et la disponibilité des zones humides (Brown *et al.*, 2014).

A Ambovonaomby, par exemple, la diversité relativement élevée en amphibiens pourrait s'expliquer par la diversité structurelle des microhabitats, ainsi que par la présence de formations géomorphologiques telles que des canyons, capables de maintenir des poches d'eau permanentes favorables à la physiologie des espèces ectothermes (Duellman & Trueb, 1994 ; Köhler *et al.*, 2010). Ces conditions microclimatiques localisées jouent un rôle crucial pour les espèces hydrophiles, en particulier pour certains membres de la famille des Microhylidae, qui dépendent strictement d'un accès constant à l'eau pour se reproduire et survivre (Glaw *et al.*, 2010).

Concernant le site de Namoroka, la richesse spécifique observée peut être attribuée à une combinaison de facteurs : la diversité des microhabitats disponibles, la présence de points d'eau permanents, comme en témoigne l'abondance notable de *Mantidactylus ulcerosus*, et les conditions climatiques favorables ayant prévalu durant la période d'inventaire. En effet, des précipitations particulièrement importantes ont été enregistrées sur ce site au moment des relevés, ce qui a pu stimuler l'activité de plusieurs espèces d'amphibiens, notamment pendant la phase reproductive (Raselimanana, 2008 ; Randriamoria, 2011 ; Vences *et al.*, 2005).

A l'inverse, le site d'Ambatofolaka présente une diversité plus faible, probablement en raison d'une hétérogénéité environnementale réduite, mais également en lien avec les pressions anthropiques persistantes telles que la déforestation, le pâturage ou les feux de brousse (Harper *et al.*, 2007 ; Vieilledent *et al.*, 2018). La majorité des espèces recensées à Ambatofolaka sont également présentes

à Namoroka, ce qui suggère un appauvrissement local de la communauté d'amphibiens. A l'exception de *Hoplobatrachus tigerinus*, espèce introduite, et *Ptychadena mascareniensis*, considérée comme indigène mais non strictement endémique, toutes les espèces recensées sont endémiques à Madagascar, soulignant la forte singularité de l'herpétofaune malgache (Glaw & Vences, 2007).

Bien que l'identification des espèces recensées dans cette étude ait été principalement réalisée sur la base de critères morphologiques externes (Glaw & Vences, 2007), l'intégration d'approches complémentaires telles que la génétique moléculaire (Vieites *et al.*, 2009 ; Scherz *et al.*, 2019) et la bioacoustique (Köhler *et al.*, 2017) pourrait considérablement affiner la résolution taxonomique et mettre en lumière la richesse encore sous-estimée du Parc National de Namoroka en matière de diversité et de composition spécifique des amphibiens. Parmi les 18 taxons inventoriés, une espèce est introduite (*Hoplobatrachus tigerinus*) et une autre est indigène mais non endémique (*Ptychadena mascareniensis*), ce qui porte à 16 le nombre d'espèces strictement endémiques à Madagascar présentes dans le parc. Ce chiffre reflète une forte représentativité de l'endémisme local, caractéristique des forêts sèches malgaches (Andreone *et al.*, 2008).

Suivant les données antérieures disponibles dans la littérature, seulement six espèces avaient été précédemment rapportées dans le Parc National de Namoroka (Goodman *et al.*, 2018), parmi lesquelles *Scaphiophryne menabensis*, une espèce endémique de la région sèche, n'a pas été détectée au cours de cette étude. Cette étude signale donc la présence de 11 espèces additionnelles pour cette aire protégée, enrichissant considérablement les connaissances sur les amphibiens du site. Parmi ces nouvelles occurrences, certaines espèces présentent un intérêt biogéographique et conservatoire particulier, notamment *Anilany helenae* et *Gephyromantis antsingy*, toutes deux connues exclusivement des forêts sèches reposant sur des formations karstiques du Centre et du Moyen-ouest de Madagascar (Crottini *et al.*, 2011 ; Randriamoria, 2011 ; Rakotoarison *et al.*, 2017). La présence de telles espèces spécialisées souligne la singularité écologique du massif karstique du parc.

En comparaison avec d'autres sites présentant des formations géologiques similaires, le Parc National de Namoroka, avec ses 16 espèces endémiques confirmées, se distingue comme l'une des aires protégées les plus riches en amphibiens

dans les écosystèmes de forêts sèches de Madagascar (Brown *et al.*, 2014 ; Raselimanana, 2008, 2013). Cette richesse spécifique, couplée à un taux élevé d'endémisme, confère au parc une valeur conservatoire notable, justifiant des efforts accrus en matière de recherche et de protection.

En ce qui concerne les reptiles, la majorité des espèces recensées sont caractéristiques du biome sec de l'Ouest malgache, notamment des formations boisées xérophiles (Raselimanana, 2008 ; Glaw & Vences, 2007). A l'instar des amphibiens, une richesse spécifique plus élevée a été observée dans les sites présentant une plus grande hétérogénéité de microhabitats, notamment à Ambovonaomby et dans le Parc National de Namoroka. Certaines espèces de reptiles ont été exclusivement observées sur le site d'Ambovonaomby, dont les structures des microhabitats sont nettement plus diversifiées comparées aux autres sites étudiés. Par exemple, plusieurs espèces de Scincidae ont été principalement recensées dans des zones où la couche d'humus est relativement épaisse, un facteur favorable pour des espèces fouisseuses ou semi-fouisseuses. De plus, quelques espèces présentent une aire de répartition très limitée et n'ont été observées que sur un seul site au cours de l'étude. *Brookesia bonisi*, un caméléon micro-endémique du massif de Namoroka (Ramanantsoa, 1980), en est un exemple typique, tout comme *Phisalixella tulearensis*, un serpent arboricole uniquement recensé dans la partie nord-ouest du site. Ces deux espèces ont été associées à des zones à forte densité de grands arbres, ce qui reflète leur préférence pour les habitats forestiers matures et leur dépendance à des conditions écologiques spécifiques (Glaw *et al.*, 2013).

Plusieurs espèces de reptiles ont été signalées pour la première fois dans le Parc National de Namoroka à l'occasion de cette étude. Parmi les plus remarquables, et jusqu'ici jamais rapportées dans cette localité, figurent le scinque *Flexiseps tanysona*, le gecko *Phelsuma lineata*, ainsi que plusieurs espèces de serpents : *Sanzinia voluntany*, *Acrantophis madagascariensis*, *Liophidium torquatum*, *Phisalixella tulearensis*, *Pseudoxyrhopus quinquelineatus* et *Ithycyphus miniatus*. En revanche, certaines espèces mentionnées antérieurement par Raselimanana (2008) et Ineich (2015) n'ont pas été observées au cours de cette étude. Il s'agit notamment de *Paroedura bastardi*, *P. stumpffi* et *Hemidactylus platycephalus* (Gekkonidae), *Madascincus polleni* et *Flexiseps ornaticeps* (Scincidae), *Heteroliodon*

occipitalis (Pseudoxyrhophiidae), *Acrantophis dumerili* (Sanziniidae), ainsi que *Madatyphlops decorsei* (Typhlopidae). Par ailleurs, le caméléon récemment décrit *Furcifer viridis*, avait été collecté en 1996 (C. J. Raxworthy, données non publiées). En tenant compte de l'ensemble des espèces nouvellement recensées dans cette étude et des données antérieures disponibles dans la littérature, la richesse spécifique totale en reptiles du Parc National de Namoroka atteint désormais 47 espèces, dont trois ne sont pas endémiques à Madagascar (*Hemidactylus mercatorius*, *Phelsuma abbotti* et *Hoplobatrachus tigerinus*).

Aucun gecko à queue plate du genre *Uroplatus* n'a été recensé lors de cet inventaire, et aucune donnée antérieure issue des collections muséologiques ou de la littérature scientifique ne signale la présence de ce genre dans le Parc National de Namoroka. Deux hypothèses peuvent être avancées pour expliquer cette absence apparente. Premièrement, *Uroplatus* possèdent une morphologie et un comportement cryptiques, leur permettant de se camoufler efficacement sur les troncs et les branches, ce qui les rend particulièrement difficiles à détecter (Glaw & Vences, 2007). Par exemple, dans le Paysage Harmonieux Protégé de Beanka, situé à proximité immédiate du Namoroka, des individus n'ont été observés qu'à partir du quatrième jour d'inventaire intensif (A. P. Raselimanana, comm. pers.).

Deuxièmement, cette absence pourrait être attribuée à un effort d'échantillonnage insuffisant. La courbe cumulative des espèces (Figure 2) dans le site d'Ambovonaomby indique encore une tendance ascendante, suggérant que de nouvelles espèces pourraient être détectées avec une prospection prolongée ou répétée dans d'autres sites du parc. Un autre constat notable est l'absence de *Langaha madagascariensis*, un serpent élané et cryptique également réputé pour son comportement discret, notamment dans les régions de l'Ouest malgache. Toutefois, des observations de cette espèce ont été rapportées dans les forêts avoisinantes, telles que dans le Complexe Mahavavy-Kinkony (CMK) (V. Randrianjafy, comm. pers.) et le Parc National d'Ankarafantsika (Ramanamanjato & Rabibisoa, 2002), ce qui indique qu'elle pourrait potentiellement être présente à Namoroka, même si elle n'a pas été détectée jusqu'à présent.

Une intensification de l'effort d'échantillonnage à travers le parc serait nécessaire pour confirmer ou infirmer la présence de ces espèces. De plus, une approche plus ciblée sur les facteurs écologiques

influençant la biologie du développement des reptiles permettrait de mieux comprendre leur répartition. Chez de nombreuses espèces ovipares, la survie embryonnaire dépend fortement de conditions abiotiques telles que la température, l'humidité, ou encore la pression de prédation (Deeming & Ferguson, 1991 ; Shine, 2004), ce qui pourrait expliquer l'absence ou la rareté apparente de certaines espèces dans certaines zones du parc.

Abondance relative

La distribution de l'abondance relative des espèces inventoriées dans le Parc National de Namoroka révèle une variation notable, tant entre les différents sites qu'entre les espèces elles-mêmes. D'une manière générale, la majorité des espèces ont été observées avec un faible nombre d'individus, ce qui suggère soit une faible densité locale, soit une difficulté pour leur détection. Les espèces les moins représentées lors de l'inventaire sont principalement celles ayant des mœurs fouisseuses, comme certaines espèces de Microhylidae chez les amphibiens et des Scincidae chez les reptiles. Ces types d'espèces sont notoirement difficile à inventorier sans méthodes ciblées, telles que la fouille systématique des microhabitats souterrains, le retournement de pierres ou de débris, ou encore l'installation de dispositifs comme les pièges-fosses associés à des barrières dirigeantes (Heyer *et al.*, 1994 ; Rödel & Ernst, 2004).

Tandis que les espèces ubiquistes, c'est-à-dire, celles tolérant une large gamme de conditions écologiques, ont été trouvées en plus grand nombre. Leur plus grande visibilité peut s'expliquer à la fois par leur comportement actif, une meilleure adaptation à différents types de microhabitats, et une tolérance aux perturbations anthropiques (Brown, 1991). Cette tendance est fréquemment observée dans les zones tropicales où les espèces spécialistes et cryptiques sont souvent sous-échantillonnées sans protocoles adaptés.

Plusieurs facteurs, tant biotiques qu'abiotiques, peuvent expliquer les variations observées dans l'abondance relative des amphibiens. Parmi ceux-ci, la précipitation apparaît comme un facteur majeur influençant leur activité et leur détection (Duellman & Trueb, 1994 ; Wells, 2007). Par exemple, sur le site d'Ambatofolaka, l'abondance relative des amphibiens était particulièrement faible lors de périodes de faible pluviométrie. En revanche, après des épisodes de fortes précipitations, certaines espèces sont devenues plus visibles et actives, ce qui est cohérent

avec des observations réalisées dans d'autres régions tropicales (Schalk & Saenz, 2016). C'est notamment le cas de *Hoplobatrachus tigerinus* et *Dyscophus insularis*, des espèces généralistes capables de coloniser une grande diversité de milieux (Bossuyt & Milinkovitch, 2000 ; Glaw & Vences, 2007). Par ailleurs, l'abondance et la reproduction de l'espèce forestière *Aglyptodactylus securifer* sont étroitement liées à la quantité de pluie, soulignant ainsi la forte dépendance écologique de cette espèce vis-à-vis des précipitations (Glaw & Vences, 2007). En revanche, les amphibiens à habitat spécialisé, tels que *Anilany helenae*, ont été observés uniquement une ou deux fois et dans un seul site. En plus de leurs comportements principalement crépusculaires, ces espèces requièrent la présence permanente de milieux humides, ce qui complique leur recensement et peut contribuer à leur faible détection lors des inventaires (Wells, 2007).

La variation observée dans l'abondance relative des reptiles semble essentiellement liée à la capacité d'adaptation de chaque espèce aux conditions écologiques spécifiques du milieu. D'une manière générale, plusieurs espèces de reptiles du Parc National de Namoroka montrent une grande plasticité écologique, leur permettant de coloniser divers microhabitats. Par exemple, des espèces telles que *Trachylepis* sp., *Zonosaurus laticaudatus*, *Furcifer oustaleti* et *Leioheterodon madagascariensis* ont été recensées dans une large variété de milieux, ce qui souligne leur statut d'espèces généralistes et leur aptitude à occuper différents types de microhabitats (Glaw & Vences, 2007).

A l'inverse, certaines espèces se montrent très spécialisées et restreintes à des biotopes particuliers, rendant leur observation plus difficile. Parmi celles-ci figurent *Brookesia brygooi*, *Lygodactylus* sp. (Figure 3F), *Ithycyphus miniatus* et *Phisalixella tulearensis*, qui sont inféodées à des habitats spécifiques et souvent cryptiques (Glaw *et al.*, 2013). Ces espèces nécessitent des techniques d'échantillonnage plus ciblées, telles que l'observation nocturne ou l'utilisation de pièges spécifiques, pour être efficacement détectées (Raselimanana, 2008).

Par ailleurs, les reptiles fousseurs ou à mœurs discrètes ont également été observés en faible nombre, ce qui peut s'expliquer par leur comportement et leur mode de vie peu accessible. Les scinques des genres *Flexiseps* et *Madascincus*, par exemple, ont principalement été inventoriés *via* des trou-pièges ; une méthode efficace pour capturer les espèces fousseuses mais qui ne reflète

pas toujours leur abondance réelle. De même, les boas tels que *Sanzinia voluntary* et *Acrantophis madagascariensis* ont été recensés en faible nombre, sans doute en raison de leur nature discrète, leur activité nocturne et leur camouflage efficace (Glaw & Vences, 2007).

L'ensemble de ces observations souligne l'importance d'adapter les protocoles d'échantillonnage à la diversité écologique et comportementale des reptiles pour obtenir des informations représentatives. La richesse et l'abondance relative des reptiles à Namoroka reflètent ainsi un équilibre entre les espèces généralistes, capables d'exploiter une large gamme de microhabitats, et les spécialistes, plus vulnérables et souvent sous-échantillonnés.

Analyse biogéographique

L'analyse du dendrogramme obtenu révèle une structuration biogéographique marquée des communautés d'amphibiens et de reptiles selon un gradient nord-sud, mettant en évidence trois groupes distincts. Cette organisation reflète sans doute des facteurs historiques, écologiques et géographiques spécifiques aux formations karstiques de cette région.

Le premier groupe, rassemblant les sites du Centre-ouest autour du fleuve Mahavavy et incluant le plateau de Kelifely et la Réserve Spéciale de Kasijy, bénéficie probablement d'une continuité écologique et topographique favorisant les échanges génétiques. La proximité de ces sites et la présence d'habitats karstiques similaires semblent faciliter le maintien d'une composition spécifique homogène, comme cela a été observé dans d'autres régions karstiques où la continuité des formations calcaires favorise la dispersion des espèces (Crottini *et al.*, 2011).

Le deuxième groupe, constitué des sites plus à l'ouest, Namoroka et Beanka, montre une composition faunique distincte, probablement liée à des différences de microhabitats et de climat. Ces deux sites, malgré leur proximité relative, possèdent des formations karstiques avec des caractéristiques écologiques et hydrologiques particulières, susceptibles d'influencer la présence et l'abondance des amphibiens et des reptiles. Ce phénomène de partition écologique au sein d'un même biome a été documenté dans d'autres contextes insulaires, où les variations fines des habitats karstiques contribuent à une diversification locale (Vallan, 2000 ; Rakotondravony & Goodman, 2011).

Enfin, l'isolement géographique du troisième groupe, représenté par le site de Bemaraha au sud, est particulièrement significatif. Cet isolement a favorisé le développement d'une diversité spécifique élevée et d'un endémisme important, justifiant la reconnaissance de Bemaraha comme une région biogéographique à part entière. Ce type d'isolement est souvent observé dans les formations karstiques malgaches, qui agissent comme des « îlots » écologiques isolés, favorisant la spéciation et la différenciation génétique (Rakotondravony & Goodman, 2011). L'hétérogénéité du paysage, combinée à des barrières naturelles telles que les rivières et les zones non karstiques, limite la dispersion des espèces, conduisant à une structuration biogéographique nette.

Ainsi, la distribution des amphibiens et des reptiles dans ces formations karstiques semble étroitement liée à la configuration spatiale des habitats, à la connectivité écologique et aux spécificités microclimatiques locales. Cette structuration souligne l'importance de considérer ces unités biogéographiques distinctes dans la planification de la conservation, notamment en ciblant les zones isolées comme Bemaraha qui abritent un assemblage faunique unique et vulnérable.

Implication à la conservation

Les forêts sèches malgaches font partie des écosystèmes les plus menacés de Madagascar (Waeber *et al.*, 2015). Ces derniers hébergent toutefois des habitats complexes selon la nature des substrats (Vieira & Smith, 2007). Les résultats des investigations biologiques effectuées dans le Parc National de Namoroka ont relevé l'insuffisance d'une telle exploration par le passé, soulignant ainsi son importance pour la conservation. En tenant compte de la diversité des amphibiens et des reptiles, le Parc National de Namoroka héberge au moins 12 % des espèces qui sont strictement inféodées à ces types d'écosystèmes reposant sur les substrats karstiques. En outre, 93,1 % des espèces recensées sont endémiques de Madagascar dont 64 % des espèces inventoriées dans l'ensemble des forêts sèches. Cette richesse est marquée par la présence d'espèces dont le statut taxonomique est difficile à définir, et quelques-unes pourraient représenter des espèces candidates ou nouvelles pour la science. Des études systématiques approfondies ultérieurement définiront le statut de ces morpho-espèces, et par conséquent, leur statut de conservation.

Le Parc National de Namoroka est le refuge de deux reptiles localement endémiques. L'exigence écologique de *Brookesia bonsi* qui est En danger critique d'extinction (UICN, 2025) mérite une attention particulière. En effet, cette espèce n'a été recensée que dans des habitats spécifiques dans le village de Namoroka. De plus, le gecko *Blaesodactylus victori* récemment décrit à partir d'un seul spécimen type (Ineich *et al.*, 2016) est aussi considérée comme endémique locale. Malgré une distribution assez large de cette espèce dans le parc, il est important de considérer des mesures particulières pour sa conservation. Toutefois, le niveau élevé de pressions, surtout les feux non contrôlés dans les zones périphériques ou à l'intérieur du parc, pourrait compromettre la conservation de ces espèces, en raison de leur faible abondance.

Remerciements

Cette étude a été possible grâce aux supports matériels, logistiques et financiers du Department of Herpetology, American Museum of Natural History (AMNH), New York, USA. Les détails administratifs ont été assurés par l'Ecole Doctorale Ecosystèmes Naturels et le Parcours Zoologie, Mention Science de la Vie et de l'Environnement, Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement, Université de Mahajanga. Nous tenons également à remercier le Ministère de l'Environnement et du Développement Durable et Madagascar National Parks (CAFF/CORE) qui ont bien voulu délivrer l'autorisation de recherche pour cet inventaire, ainsi que Madagascar National Parks pour l'autorisation d'accès dans les sites. L'assistance sur terrain de H. Nomenjanahary Rejela, P. Bienvenu Rabemananjara, E. Iaristhine, R. Tongalaza et Nicolas Rakotoarison ainsi que les guides locaux du village de Vilanandro sont vivement remerciés. Nous tenons également à remercier Andolalao Rakotoarison et Jeanneney Rabearivony pour leurs commentaires sur la version antérieure de ce manuscrit.

Références bibliographiques

- Allorge, L. & Haeevermans, T. 2015. *Namoroka : Mission à Madagascar*. Muséum national d'Histoire naturelle & Editions Privat, Paris.
- Andreone, F., Cox, N. A., Glaw, F., Köhler, J., Rabibisoa, N. H. C., Randriamahazo, H., Randrianasolo, H., Raxworthy, C. J., Stuart, S. N., Vallan, D. & Vences, M. 2008. Update of the global amphibian assessment for Madagascar in light of species discoveries, nomenclature changes, and new field information. In A conservation strategy for the amphibians of

- Madagascar, eds. F. Andreone, pp. 419-438. Museo Regionale di Scienze Naturali, Torino.
- Andreone, F., Rosa, G. M. & Raselimanana, A. P. 2017.** *Les amphibiens de l'Ouest et du Sud de Madagascar*. Association Vahatra, Antananarivo.
- Bossuyt, F. & Milinkovitch, M. C. 2000.** Convergent adaptive radiations in Madagascan and Asian ranid frogs reveal covariation between larval and adult traits. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97 (12): 6585-6590.
- Brown, J. L. 1991.** Habitat use and reproductive biology of the Malagasy giant chameleon, *Furcifer oustaleti*. *Herpetologica*, 47 (3): 314-323.
- Brown, J. L., Cameron, A., Yoder, A. D. & Vences, M. 2014.** A necessarily complex model to explain the biogeography of the amphibians and reptiles of Madagascar. *Nature Communications*, 5: 5046.
- Cadle, J. E. & Ineich, I. 2008.** Nomenclatural status of the Malagasy snake genus *Bibilava* Glaw, Nagy, Franzen, & Vences, 2007: Resurrection of *Thamnosophis* Jan and designation of a lectotype for *Leptophis lateralis* Duméril, Bibron, & Duméril (Serpentes: Colubridae). *Herpetological Review*, 39: 285-288.
- Crottini, A., Glaw, F., Casiraghi, M., Jenkins, R. K. B., Mercurio, V., Randrianantoandro, C., Randrianirina, J. E. & Andreone, F. 2011.** A new *Gephyromantis* (*Phylacomantis*) frog species from the pinnacle karst of Bemaraha, western Madagascar. *ZooKeys*, 81: 51-71.
- D'Cruze, N., Sabel, J., Green, K., Dawson, J., Gardner, C., Robinson, J., Starkie, G., Vences, M. & Glaw, F. 2007.** The first comprehensive survey of amphibians and reptiles at Montagne des Français, Madagascar. *Herpetological Conservation and Biology*, 2 (2): 87-99.
- Deeming, D. C. & Ferguson, M. W. J. 1991.** Environmental regulation of sex determination in reptiles. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 322 (1208): 19-39.
- Duellman, W. E. & Trueb, L. 1994.** *Biology of amphibians*, 2nd ed. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Erens, J., Miralles, A., Glaw, F., Chatrou, L. & Vences, M. 2017.** Extended molecular phylogenetics and revised systematics of Malagasy scincine lizards. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 107: 466-472.
- Gilli, E. 2014.** Volcanism-induced karst landforms and speleogenesis, in the Ankarana plateau (Madagascar): Hypothesis and preliminary research. *International Journal of Speleology*, 43 (3): 283-293.
- Glaw, F. & Vences, M. 2007.** *A field guide to the amphibians and reptiles of Madagascar*, 3rd Edition. Vences & Glaw Verlag, Cologne.
- Glaw, F., Köhler, J. & Vences, M. 2009.** A new species of cryptically coloured day gecko (*Phelsuma*) from the Tsingy de Bemaraha National Park in western Madagascar. *Zootaxa*, 2195: 61-68.
- Glaw, F., Köhler, J., de La Riva, I., Vieites, D. R. & Vences, M. 2010.** Integrative taxonomy of Malagasy treefrogs: combination of molecular genetics, bioacoustics and comparative morphology reveals twelve additional species of *Boophis*. *Zootaxa*, 2383 (1): 1-82.
- Glaw, F., Kucharczyk, C., Köhler, J., Vences, M. & Nagy, Z. T. 2013.** Resolving an enigma by integrative taxonomy: *Madagascarophis fuchsi* (Serpentes: Lamprophiidae), a new opisthoglyphous and microendemic snake from northern Madagascar. *Zootaxa*, 3630 (2): 317-332.
- Glaw, F., Rösler, H., Ineich, I., Gehring, P.-S., Köhler, J. & Vences, M. 2014.** A new species of nocturnal gecko (*Paroedura*) from karstic limestone in northern Madagascar. *Zoosystematics and Evolution*, 90 (2): 249-259.
- Glaw, F., Köhler, J. & Vences, M. 2018.** Three new species of nocturnal geckos of the *Paroedura oviceps* clade from xeric environments of Madagascar (Squamata: Gekkonidae). *Zootaxa*, 4433 (2): 305-324.
- Goodman, S. M., Raherilalao, M. J. & Wohlhauser, S. (eds.). 2018.** 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 forest fragmentation in Madagascar. *Environmental Conservation*, 34 (4): 325-333.
- Heyer, W. R., Donnelly, M. A., McDiarmid, R. W., Hayek, L.-A. C. & Foster, M. S. 1994.** *Measuring and monitoring biological diversity: Standard methods for amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C.
- Humbert, H. 1965.** Description des types de végétation. In *Notice de la carte de Madagascar*, eds. H. Humbert & G. Cours Darne. *Travaux de la Section scientifique et Technique de l'Institut français de Pondichéry*, hors-série, 6: 46-78.
- Ineich, I. 2015.** Reptiles et amphibiens, roi du camouflage. Dans *Namoroka : Mission à Madagascar*, eds. L. Allorge & T. Haevermans, pp. 130-139. Muséum national d'Histoire naturelle & Editions Privat, Paris.
- Ineich, I., Glaw, F. & Vences, M. 2016.** A new species of *Blaesodactylus* (Squamata: Gekkonidae) from Tsingy limestone outcrops in Namoroka National Park, north-western Madagascar. *Zootaxa*, 4109 (5): 523-541.
- Jono, T., Bauer, A. M., Brennan, I. & Mori, A. 2015.** New species of *Blaesodactylus* (Squamata: Gekkonidae) from Tsingy karstic outcrops in Ankarana National Park, northern Madagascar. *Zootaxa*, 3980: 406-416.
- Köhler, J., Vences, M., D'Cruze, N. & Glaw, F. 2010.** Giant dwarfs: Discovery of a radiation of large-bodied 'stump-toed frogs' from karstic cave environments of northern Madagascar. *Journal of Zoology*, 282: 21-38.
- Köhler, J., Jansen, M., Rodríguez, A., Kok, P. J. R., Toledo, L. F., Emmrich, M., Glaw, F., Haddad, C. F. B., Rödel, M.-O. & Vences, M. 2017.** The use of bioacoustics in anuran taxonomy: Theory, terminology, methods and recommendations for best practice. *Zootaxa*, 4251 (1): 1-124.

- Köhler, J., Vences, M., Scherz, M. & Glaw F. 2019. A new species of nocturnal gecko, genus *Paroedura*, from the karstic Tsingy de Bemaraha formation in western Madagascar. *Salamandra*, 55 (2): 73-81.
- Mirallès, A., Köhler, J., Glaw, F. & Vences, M. 2016. Species delimitation methods put into taxonomic practice: Two new *Madascincus* species formerly allocated to historical species names (Squamata, Scincidae). *Zoosystematics and Evolution*, 92 (2): 257-275.
- Moat, J. & Smith, P. 2007. *Atlas de la végétation de Madagascar*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Nagy, Z. T., Glaw, F. & Vences, M. 2010. Systematics of the snake genera *Stenophis* and *Lycodryas* from Madagascar and the Comoros. *Zoologica Scripta*, 39: 426-435.
- Nussbaum, R. A. & Raxworthy, C. J. 2000. Systematic revision of the genus *Paroedura* Günther (Reptilia: Squamata: Gekkonidae), with description of five new species. *Miscellaneous Publications Museum of Zoology, University of Michigan*, 189: 1-26.
- Rakotoarison, A., Scherz, M. D., Glaw, F., Köhler, J., Andreone, F., Franzen, M., Glos, J., Hawlitschek, O., Jono, T., Mori, A., Ndriantsoa, S. H., Rasoamampionona Raminosoa, N., Riemann, J. C., Rödel, M.-O., Rosa, G. M., Vieites, D. R., Crottini, A. & Vences, M. 2017. Describing the smaller majority: Integrative taxonomy reveals twenty-six new species of tiny microhylid frogs (genus *Stumpffia*) from Madagascar. *Vertebrate Zoology*, 67: 271-398.
- Rakotondravony, H. A. & Goodman, S. M. 2011. Rapid herpetological surveys within five isolated forests on sedimentary rock in western Madagascar. *Herpetological Conservation and Biology*, 6 (2): 297-311.
- Ramanamanjato, J.-B. & Rabibisoa, N. 2002. Evaluation rapide de la diversité biologique des reptiles et amphibiens de la Réserve Naturelle Intégrale d'Ankarafantsika. In *A biological assessment of the Réserve Naturelle Intégrale d'Ankarafantsika, Madagascar*, eds. L. E. Alonso, T. S. Schulenberg, S. Radilofe & O. Missa. *Bulletin RAP of Biological Assessment*, 23: 98-103.
- Randriamoria, T. M. 2011. Un premier aperçu de la diversité herpétofaunique d'un bloc forestier isolé, la forêt sèche de Beanka, dans la partie Ouest de Madagascar. *Malagasy Nature*, 5: 75-88.
- 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.
- Rasoloarison, H., Nomenjanahary, R. O., Randriamahatantsoa, B., Rabibisoa, N., & Raxworthy, C. J. In preparation. First assessment of amphibian and reptile in Kasijy Special Reserve: A checklist with biogeographic and conservation implications.
- Raxworthy, C. J. & Nussbaum, R. A. 1994. A rainforest survey of amphibians, reptiles and small mammals at Montagne d'Ambre, Madagascar. *Biological Conservation*, 69: 65-73.
- Raxworthy, C. J., Pearson, R. G., Zimkus, B. M., Reddy, S., Deo, A. J., Nussbaum, R. A. & Ingram, C. M. 2008a. Continental speciation in the tropics: Contrasting biogeographic patterns of divergence in the *Uroplatus* leaf-tailed gecko radiation of Madagascar. *Journal of Zoology*, 275: 423-440.
- Raxworthy, C. J., Pearson, R. G., Rabibisoa, N., Rakotondrazafy, A. M., Ramanamanjato, J. B., Raselimanana, A. P., Wu, S., Nussbaum, R. A. & Stone, D. A. 2008b. Extinction vulnerability of tropical montane endemism from warming and upslope displacement: A preliminary appraisal for the highest massif in Madagascar. *Global Change Biology*, 14 (8): 1703-1720.
- Rödel, M.-O. & Ernst, R. 2004. Measuring and monitoring amphibian diversity in tropical forests: An evaluation of methods with recommendations for standardization. *Ecotropica*, 10: 1-14.
- Ruane, S., Burbrink, F. T., Randriamahatantsoa, B. & Raxworthy, C. T. 2016. The cat-eyed snakes of Madagascar: Phylogeny and description of a new species of *Madagascarophis* (Serpentes: Lamprophiidae) from the tsingy of Ankarana. *Copeia*, 104 (3): 712-721.
- Schalk, C. M. & Saenz, D. 2016. Environmental drivers of anuran calling phenology in a seasonal Neotropical ecosystem. *Austral Ecology*, 41: 16-27.
- Scherz, M. D., Vences, M., Rakotoarison, A., Andreone, F., Köhler, J., Glaw, F. & Crottini, A. 2016. Reconciling molecular phylogeny, morphological divergence and taxonomic classification in Malagasy microhylid frogs: The genus-level radiation of the subfamily Cophylinae. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 100: 372-381.
- Scherz, M. D., Daza, J. D., Köhler, J., Vences, M. & Glaw, F. 2017. Off the scale: A new species of fishscale gecko (Squamata: Gekkonidae: Geckolepis) with exceptionally large scales. *PeerJ*, 5: e2955.
- Scherz, M. D., Hutter, C. R., Rakotoarison, A., Riemann, J. C., Rödel, M.-O., Ndriantsoa, S. H., Glos, J., Roberts, S. H., Crottini, A., Vences, M. & Glaw, F. 2019. Morphological and ecological convergence at the lower size limit for vertebrates highlighted by five new miniaturised microhylid frog species from three different Madagascan genera. *PLoS One*, 14 (3): e0213314.
- Shine, R. 2004. Sexual selection and reptilian reproduction. In *Reptilian breeding biology*, eds. C. Gans & R. B. Huye, pp. 169-204. Springer, Berlin & Heidelberg.

- UICN. 2025.** *Liste rouge mondiale des espèces menacées* (version 2025.1). Téléchargé le 25 mai 2025, de <https://www.iucn.org/fr/node/32539>
- Vallan, D. 2000.** Influence of forest fragmentation on amphibian diversity in the nature reserve of Ambohitantely, highland Madagascar. *Biological Conservation*, 96: 31-43.
- Vences, M., Thomas, M., van der Meijden, A., Chiari, Y. & Vieites, D. R. 2005.** Comparative performance of the 16S rRNA gene in DNA barcoding of amphibians. *Frontiers in Zoology*, 2 (5). doi:10.1186/1742-9994-2-5.
- Vieilledent, G., Grinand, C., Rakotomalala, F., Ranaivosoa, R., Rakotoarijaona, J.-R., Allnutt, T. F. & Achard, F. 2018.** Combining global tree cover loss data with historical national forest-cover maps to look at six decades of deforestation and forest fragmentation in Madagascar. *Biological Conservation*, 222: 189-197.
- Vieira, A. C. & Smith, J. M. 2007.** Influence of substrate composition on habitat complexity and biodiversity patterns. *Ecology Letters*, 10 (6): 557-565.
- Vieites, D. R., Wollenberg, K. C., Andreone, F., Köhler, J., Glaw, F. & Vences, M. 2009.** Vast underestimation of Madagascar's biodiversity evidenced by an integrative amphibian inventory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A.*, 106 (20): 8267-8272.
- Waeber, P. O., Wilmé, L., Ramamonjisoa, B., Garcia, G., 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*, 16: 127-148.
- Wells, K. D. 2007.** *The ecology and behavior of amphibians*. University of Chicago Press, Chicago.