

## Estimation des densités et tailles de population du Microcèbe Roux du Nord de (*Microcebus tavaratra*) dans la région Loky-Manambato (Daraina)

Jordi Salmona<sup>1#\*</sup>, Ando Rakotonanahary<sup>2#</sup>, Ibouroi Mohamed Thani<sup>1,5,6</sup>, Radavison Zaranaina<sup>2</sup>, Tantely Ralantoharijaona<sup>2</sup>, Fabien Jan<sup>1</sup>, Emmanuel Rasolondraibe<sup>2</sup>, Mélanie Barnavon<sup>1</sup>, Angelika Beck<sup>1</sup>, Sébastien Wohlhauser<sup>3</sup>, Patrick Ranirison<sup>3</sup>, John Rigobert Zaonarivelo<sup>4</sup>, Clément Rabarivola<sup>2</sup>, Lounès Chikhi<sup>1,5,6\*</sup>

<sup>1</sup>Population and Conservation Genetics Group, Instituto Gulbenkian de Ciencia, Rua da Quinta Grande, 6, P-2780-156 Oeiras, Portugal

<sup>2</sup>Université de Mahajanga, Faculté des Sciences, BP 652, 401 Mahajanga, Madagascar

<sup>3</sup>ONG FANAMBY, Lot II K 39 bis, Ankadivato, 101 Antananarivo, Madagascar

<sup>4</sup>Département des Sciences de la Nature et de l'Environnement, Université d'Antsiranana, 201 Antsiranana, Madagascar

<sup>5</sup>CNRS, Université Paul Sabatier, ENFA; UMR 5174 EDB (Laboratoire Evolution & Diversité Biologique), 118 route de Narbonne, F-31062 Toulouse, France

<sup>6</sup>Université de Toulouse; UMR 5174 EDB, F-31062 Toulouse, France

#Iers auteurs partagés

\*Corresponding authors: [jordi.salmona@gmail.com](mailto:jordi.salmona@gmail.com), [chikhi@igc.gulbenkian.pt](mailto:chikhi@igc.gulbenkian.pt)

**Mots clés:** *Microcebus tavaratra*, densité, Loky-Manambato, Daraina

### Résumé

La région Loky-Manambato dans le Nord de Madagascar, est connue pour abriter le propitèque à couronne dorée (*Propithecus tattersalli*), un lémurien emblématique et endémique de la région. Néanmoins cette région composée d'une dizaine de fragments forestiers de taille moyenne et encore relativement peu étudiés, abrite aussi le microcèbe roux du nord (*Microcebus tavaratra*). Malgré la gestion des forêts de cette région par l'ONG Fanamby depuis 2005, aucune étude n'avait encore été menée dans chacun des fragments forestiers de la région pour déterminer la présence et quantifier la taille des populations de microcèbes de chacun d'entre eux. Lors de notre étude nous avons tenté d'estimer les densités et les tailles des populations de *M. tavaratra* dans neuf des dix principaux fragments forestiers de la région. Dans ce but nous avons utilisé la méthode de «line transect distance-sampling». Nos résultats montrent que les densités de microcèbes sont relativement élevées, et varient de 28 à 325 ind/km<sup>2</sup> entre fragments forestiers de la région. Des études plus approfondies des données collectées seront nécessaires pour déterminer les variables environnementales responsables des différences de densité observées.

### Introduction

*M. tavaratra* est un lémurien de petite taille appartenant à la famille des Cheirogaleidae. Il se rencontre au nord de Madagascar et aurait une distribution allant de la rivière Manambato au sud à l'Irodo au nord (Weisrock *et al.*, 2010), mais pourrait aussi être présent dans les petits fragments de forêt sèche jusqu'à la Montagne des Français (Schwitzer *et al.*, 2013). *M. tavaratra* serait donc inféodé aux forêts sèches, semi-sèches et de transition. Cependant, il n'existe à ce jour

aucune étude sur sa distribution complète, les densités relatives de ses populations, ni sur sa biologie. C'est notamment dû aux difficultés d'accès des régions de la Loky Manambato et de la Réserve Spéciale (RS) d'Analamerana, et au caractère nocturne de cette espèce. Bien que la majeure partie de son aire de distribution connue, c'est-à-dire la région Loky Manambato, les massifs de l'Andavakoera, Andrafiama, Analamerana et Ankarana (Weisrock *et al.*, 2010), soit désormais protégée, les gestionnaires et scientifiques ayant étudié ces régions se sont principalement concentrés sur les vertébrés diurnes (Quéméré *et al.*, 2010a, 2010b; Rakotondravony, 2009, 2006), les rongeurs (Rakotoarisoa *et al.*, 2010, 2013) et sur les formations végétales (Nusbaumer *et al.*, 2010; Ranirison *et al.*, 2010). C'est dans ce cadre qu'il nous semblait important de déterminer de manière détaillée sa distribution et de quantifier la taille des populations de *M. tavaratra* dans la majeure partie des fragments forestiers de la région Loky-Manambato.

Nous avons donc réalisé, entre fin Juin et Novembre 2011, une étude des populations de *M. tavaratra* au sein de neuf des dix principaux fragments forestiers de la région Loky-Manambato afin d'estimer leur densités et la taille des populations au sein de cette région.

### Site d'étude

La région du Loky-Manambato est délimitée par les rivières Loky au Nord et Manambato au Sud, et par l'océan indien à l'Est (Fig. 1), et est aussi parcourue par la rivière Manankolana. Elle est composée de 4 communes (Daraina, Ampisikina, Maromokotra et Nosibe), appartenant à la sous-préfecture de Vohémar dans la province de Diego-Suarez. Comprise entre 12°45'S et 13°20'S de latitude et 49°25'E et 49°55'E de longitude, la région s'étend sur une superficie de 250,000 ha (Ranirison *et al.*, 2006). Les dix principaux fragments forestiers de cette région sont composés principalement de forêt sèche caducifolié mais aussi pour certains massifs d'altitude plus élevée ou de géographie plus humide, de forêt de transition et humide sempervirente (Massif de Binara et d'Antsahabe par exemple).

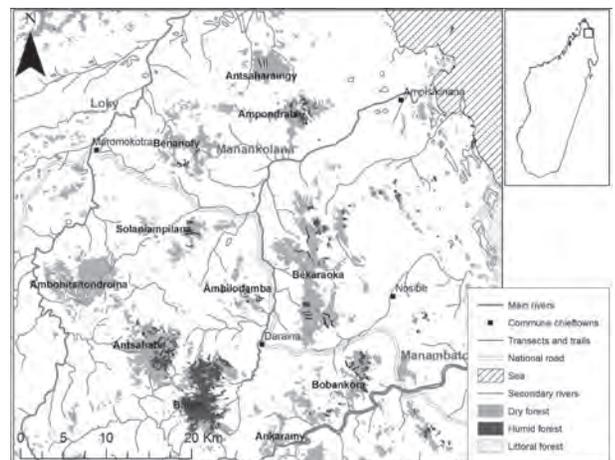


Fig. 1: Carte de la région de Daraina et distribution des transects dans chaque site d'étude.

### Méthodologie

Dans le but d'estimer les densités de *M. tavaratra* nous avons utilisé la méthode de «Line transect Distance Sampling» (Buckland, 2001; Meyler *et al.*, 2012; Salmona *et al.*, 2013), largement utilisée chez les primates (Buckland *et al.*, 2010) et adaptée aux populations du genre *Microcebus* (Meyler *et al.*, 2012). Au total, 52 transects et chemins (Fig. 1) de longueur variant de 400 à 1400 m ont été parcourus.

rus discrètement entre 18h30 et 21h30 environ par des équipes indépendantes composées de deux personnes à une vitesse de 0.5km/h, avec un membre de chaque groupe changeant d'équipe chaque jour pour limiter les biais liés aux observateurs (Buckland, 2001). Les lémuriens étaient localisés à l'aide de lampes frontales, et le genre (*Microcebus*, *Lepilemur* ou autre) identifié à l'aide de puissantes lampes de poing. Lors de chaque observation le nombre d'individus, et la distance perpendiculaire estimée de l'animal au transect, l'heure et la position GPS ont été reportés.

Les données de Distance Sampling ont ensuite été analysées à l'aide du logiciel Distance 6.0 (Thomas *et al.*, 2010). Quatre fonctions permettant de modéliser la distance effective d'observation ont été testées (*uniform*, *negative exponential*, *half-normal* et *hazard-rate*) avec troncation des 5% des données correspondant aux plus grandes distances (Buckland, 2001), et comparées en utilisant le critère d'information d'Akaike (AIC).

Les tailles de population ont été calculées ensuite en multipliant les densités estimées par la superficie des forêts correspondantes. La superficie des forêts sèches, humides et littorales a été estimée à partir des données issues du «Madagascar Vegetation Mapping Project» (Moat and Smith, 2007), disponible à [http://www.kew.org/gis/projects/mad\\_veg/datasets.html](http://www.kew.org/gis/projects/mad_veg/datasets.html). Pour l'estimation globale, à l'échelle de la région Loky-Manambato, nous avons pris en compte tous les fragments forestiers compris entre les deux rivières (Loky et Manambato).

## Résultats et discussion

Notre travail à tous d'abord permis de déterminer que des populations de microcèbes sont présentes dans chacun des dix fragments majeur de la région Loky-Manambato et ce malgré les différences importantes de végétations entre forêts (Ranirison, 2006). Lors de notre étude, 52 transects et chemins de ~11km ont été parcourus entre avril et juin 2011, et 422 *Microcebus* ont été observés sur un total de ~142km parcourus dans neuf des dix principales forêts de la région Loky-Manambato (Tab. 1). Pour quatre des neufs forêts (Bekaraoka, Benanofy, Bobankora, Solaniampilana), le nombre d'observations de microcèbes (>40) a permis de modéliser indépendamment (par forêt) et avec une précision suffisante la fonction de détection. Pour les cinq autres forêts (Tab. 1), les densités ont été calculées à l'aide de l'ESW estimé à l'échelle de la région. La fonction «hazard rate» a été choisie (à l'aide de l'AIC) pour son aptitude à modéliser le jeu de données complet (toutes forêts comprises) et la

majorité des forêts avec plus de 40 observations analysées séparément. Cet aspect est discuté dans l'article sur les densité de Lépilemurs de la région Loky-Manambato (Salmona *et al.*, this issue).

Les densités entre forêts montrent d'importantes différences avec des valeurs allant de 28.6 ind/km<sup>2</sup> à Antsaharaingy à 325.3 ind/km<sup>2</sup> à Bobankora (Tab. 1). Une rapide comparaison des valeurs de densité entre les forêts à l'Est (Bekaraoka and Bobankora) et à l'Ouest (les autres forêts, Tab. 1, Fig. 1) de la rivière Manankolana, ne semble pas mettre en évidence d'effet de la localisation par rapport à la rivière sur les densités de microcèbes. Par ailleurs, la simple classification de la végétation (Sèche/Transition/Humide, Tab. 1, Fig. 1) ne semble pas non plus expliquer les différences de densité observées. Une analyse plus fine semble nécessaire pour déterminer les variables environnementales responsables des différences de densités de microcèbe observées dans la région. Néanmoins les très faibles densités observées dans le fragment forestier de Antsaharaingy, comparé à tous les autres fragments (Tab. 1) est particulièrement intéressant car cette forêt a été décrite comme ayant une végétation partiellement distincte des autres forêts de la région (Ranirison, 2006). Par ailleurs, Quéméré *et al.* (2010a) ont également trouvé que ce fragment possédait une densité plus faible que les autres forêts étudiées. Par ailleurs, Quéméré *et al.* (2010b) ont également noté que cette population était génétiquement légèrement différenciée probablement du fait d'un certain isolement géographique.

Notre étude fait suite à l'étude réalisée en 2010 dans les forêts de Bekaraoka et Solaniampilana (Meyler *et al.*, 2012). Malgré des différences de fonction de détection utilisées dans les deux études, les estimations obtenues à partir des données de 2010 sont similaires à nos estimations (données de 2011). Cela suggère que les différences observées entre les densités de ces deux forêts (~80 ind/km<sup>2</sup> à Bekaraoka et ~250 ind/km<sup>2</sup> à Solaniampilana) sont le reflet d'une réelle différence de densité dans ces forêts. Nos résultats semblent du même ordre de grandeur que les densités estimées pour les populations de *M. tavaratra*, dans le Parc National de l'Ankarana (Hawkins *et al.*, 1990) et comprises entre 67 et 220 ind./km<sup>2</sup> et dans la Réserve Spéciale d'Analamerana (188 ind./km<sup>2</sup>). Néanmoins, il semble important de noter que ces estimations (Hawkins *et al.*, 1990) ont été réalisées en utilisant comme ESW la moyenne des distances perpendiculaires (MPD), méthode qui produit généralement des surestimations des densités de population (Kun-Rodriguez *et al.*, 2014; Meyler *et al.*, 2012).

Tab. 1: Densités et taille de populations de microcèbe roux du nord estimées pour la région Loky-Manambato.

Fragment forestier	Type	Loc	#Tr	Ef-fort Total (km)	# obs	ESW **	Densité (D)			Aire (km <sup>2</sup> )	Taille de la population (A)		
							95% CI				95% CI		
							D	Inf	Sup		A	Inf	Sup
Ambilondambo	D	L	3	2	8	8.4	197.2	32.6	1,194.7	8.30	1,636	270	9,912
Ambohitsitondroina	D	L			Present		*			38.32	6,582	5,073	8,540
Ampondrabe	D/T	L	3	7	37	8.4	239.4	49.6	1,156.2	22.76	5,448	1,128	26,316
Antsahabe	T/H	L	5	16	34	8.4	109.3	51.8	230.9	36.94	4,039	1,913	8,528
Antsaharaingy	D	L	3	7	3	8.4	28.6	2.6	321.5	13.66	391	35	4,391
Bekaraoka	D/T	R	15	48	88	8.6	106.2	78.8	143.1	62.48	6,637	4,926	8,942
Benanofy	D	L	4	17	45	7.2	182.9	106.0	315.7	25.17	4,603	2,667	7,944
Binara	T/H	L	4	6	15	8.4	119.2	59.7	237.9	45.64	5,439	2,725	10,858
Bobankora	T/H	R	8	25	139	8.4	325.3	194.3	544.5	16.04	5,217	3,117	8,734
Solaniampilana	D	L	7	14	53	7.9	236.4	141.2	396.1	22.23	5,257	3,138	8,806
Région Loky-Manambato			52	142	422	8.4	171.8	132.4	222.9	334.78	57,502	44,322	74,606

Type: type de forêt (D: forêt sèche, T: forêt de transition, H: forêt humide; Loc: localisé à droite (R) ou à gauche (L) de la rivière Manankolana (voir carte); #: nombre de; Tr: transects et chemins; obs: observations; ESW: distance effective d'observation; CI: intervalle de confiance; Inf: Inférieure; Sup: Supérieure; \*: la taille de la population d'Ambohitsitondroina a été estimée en utilisant la densité de *Microcebus* moyenne de la région Loky-Manambato; \*\*: les ESW en gras indiquent que le nombre d'observations dans le fragment considéré n'était pas suffisant pour calculer l'ESW, et que en conséquence l'ESW moyenne de la région a été utilisée.

Ces densités relativement hautes dans la plupart des fragments forestiers de la région, conduisent à l'estimation d'une population d'environ 57,000 individus pour la région Loky-Manambato. Cette grande population est relativement rassurante pour l'avenir de l'espèce, d'autant que huit des dix fragments forestiers semblent héberger des populations supérieures à 1000 individus. De plus, l'aire connue de répartition de l'espèce est probablement bien plus grande que la région Loky-Manambato (Mittermeier et al., 2010; Schwitzer et al., 2013; Weisrock et al., 2010) et laisse donc supposer que la population globale du microcèbe roux du Nord soit d'une taille totale supérieure à 100,000 individus. Par ailleurs nous avons observé de nombreux individus en forêt dégradé, en lisière de savane, et en forêt littoral, ce qui suggère que le microcèbe roux du Nord soit relativement flexible quant à ses exigences en termes d'habitat. Ces considérations laissent supposer que la population de microcèbe roux du Nord n'est pas en danger immédiat d'extinction. Une analyse préliminaire de ces résultats a aidé, durant la réunion de l'Union International pour la Conservation de la Nature (IUCN) Species Survival Commission (SSC) Lemur Red List reassessment, en 2012 à Antananarivo, à réévaluer le statut de conservation du microcèbe roux du Nord. C'est dans ce cadre; extension de son aire de répartition connue dans les dernières années (Weisrock et al., 2010), grande taille de population probable, faible pression de chasse, et large flexibilité d'habitat; que l'espèce est passée du statut «En danger» à celui de «Vulnérable» (Schwitzer et al., 2014, 2013). Nous notons cependant que comme pour le *Lepilemur milanoi*, un suivi des populations et des environnements est nécessaire (voir Salmona et al., this issue).

## Remerciements

Nous remercions tout particulièrement le CAFF / CORE, la "Direction Générale de l'Environnement et des Forêts", et l'ONG FANAMBY pour nous avoir accordé l'autorisation de mener nos recherches dans la région Loky-Manambato. Cette étude a été financée par la "Fundação para a Ciência e a Tecnologia" [FCT, ref. PTDC/BIA-BEC/100176/2008, and SFRH/BD/64875/2009], «l'Institut Français de la Biodiversité», le GDRI Madagascar, le "Laboratoire d'Excellence" (LABEX), TULIP (ANR -10-LABX-41). Ce travail a été possible grâce au soutien du Doyen de la Faculté des Sciences, et du Chef de Département de Biologie Animale (DBAE) de l'Université de Mahajanga, et de l'Université d'Antsiranana, et de l'ONG Fanamy en particulier S. Rajaobelina. Nous remercions aussi sincèrement les guides et cuisinier(ères) de l'Association des Guides de Daraina [particulièrement Amidou, Rostand, Amadou, Nicole et Fatomia] sans qui ce travail n'aurait pas été possible ainsi que les habitants de la ville de Daraina qui nous ont accueilli chaleureusement. Une partie de l'analyse des données a été possible grâce aux cours en partie financés par la Rufford Small Grant Foundation (grant ref. 10941-1).

## Références

- Buckland, S.T. 2001. Introduction to distance sampling: estimating abundance of biological populations. Oxford University Press, USA.
- Buckland, S.T.; Plumptre, A.J.; Thomas, L.; Rexstad, E.A. 2010. Design and analysis of line transect surveys for primates. *International Journal of Primatology* 31(5): 833-847.
- Hawkins, A.F.A.; Chapman, P.; Ganzhorn, J.U.; Bloxam, Q.M.C.; Barlow, S.C.; Tonge, S.J. 1990. Vertebrate conservation in Ankarana special reserve, northern Madagascar. *Biological Conservation* 54: 83-110.
- Kun-Rodrigues, C.; Salmona, J.; Besolo, A.; Rasolondraibe, E.; Rabarivola, C.; Marques, T.A.; Chikhi, L. 2014. New density estimates of a threatened sifaka species (*Propithecus coquereli*) in Ankarafantsika National Park. *American Journal of Primatology* 76(6): 515-528.
- Meyler, S.V.; Salmona, J.; Ibouroi, M.T.; Besolo, A.; Rasolondraibe, E.; Radespiel, U.; Rabarivola, C.; Chikhi, L. 2012. Density estimates of two endangered nocturnal lemur species from northern Madagascar: new results and a comparison of commonly used methods. *American Journal of Primatology* 74: 414-422.
- Mittermeier, R.A.; Louis Jr., E.E.; Richardson, M.; Schwitzer, C.; Langrand, O.; Hawkins, F.; Rajaobelina, S.; Ratsimbazafy, J.; Rasoloarison, R.; Roos, C.; Kappeler, P.M.; Mackinnon, J. 2010. *Lemurs of Madagascar*, third edition. Washington, DC: Conservation International. Tropical Field Guide Series.
- Moat, J.; Smith, P. 2007. Atlas of the vegetation of Madagascar/ Atlas de la végétation de Madagascar (text in English and French). Royal Botanic Gardens, Kew; Bilingual edition.
- Nusbaumer, L.; Ranirison, P.; Gautier, L.; Chatelain, C.; Loizeau, P.A.; Spichiger, R.; Burgt, X.; Maesen, J.; Onana, J.M. 2010. Loky-Manambato: meeting point of the principal phyto-geographical units of Madagascar. Pp. 253-264. In: X, Van der Burgt. (ed.). Systematics and conservation of African plants. Proceedings of the 18th AETFAT Congress, Yaoundé, Cameroun, 26 February to 2 March 2007. Royal Botanic Gardens.
- Quéméré, E.; Champeau, J.; Besolo, A.; Rasolondraibe, E.; Rabarivola, C.; Crouau-Roy, B.; Chikhi, L. 2010a. Spatial variation in density and total size estimates in fragmented primate populations: the golden-crowned sifaka (*Propithecus tattersalli*). *American Journal of Primatology* 72: 72-80.
- Quéméré, E.; Crouau-Roy, B.; Rabarivola, C.; Louis Jr., E.E.; Chikhi, L. 2010b. Landscape genetics of an endangered lemur (*Propithecus tattersalli*) within its entire fragmented range. *Molecular Ecology* 19: 1606-1621.
- Rakotoarisoa, J.E.; Raheriarisena, M.; Goodman, S.M. 2010. Phylogeny and species boundaries of the endemic species complex, *Eliurus antsingy* and *E. carletoni* (Rodentia: Muridae: Nesomyidae), in Madagascar using mitochondrial and nuclear DNA sequence data. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 57(1): 11-22.
- Rakotoarisoa, J.-E.; Raheriarisena, M.; Goodman, S.M. 2013. Late quaternary climatic vegetational shifts in an ecological transition zone of northern Madagascar: insights from genetic analyses of two endemic rodent species. *Journal of Evolutionary Biology* 26: 1019-1034.
- Rakotondravony, H.A. 2006. Communautés locales et gibiers dans la région de Daraina, extrême nord-est de Madagascar. *Madagascar Conservation and Development* 1: 19-21.
- Rakotondravony, H.A. 2009. Aspects de la conservation des reptiles et des amphibiens dans la région de Daraina. *Madagascar Conservation and Development* 1(1).
- Ranirison, P. 2006. Les massifs forestiers de la région de la Loky-Manambato (Daraina), écorégion de transition Nord: caractéristiques floristiques et structurales. Essai de modélisation des groupements végétaux. Université d'Antananarivo.
- Ranirison, P.; Nusbaumer, L.; Roger, E.; Rajeriarison, C.; Gautier, L.; Burgt, X.; Maesen, J.; Onana, J.M. 2010. The major environmental factors determining the distribution of the vegetation associations in the Loky-Manambato region of NE Madagascar. Pp. 671-678. In: X, Van der Burgt (ed.). Systematics and conservation of African plants. Proceedings of the 18th AETFAT Congress, Yaoundé, Cameroun, 26 February to 2 March 2007. Royal Botanic Gardens.
- Salmona, J.; Rasolondraibe, E.; Jan, F.; Besolo, A.; Rakotoarisoa, H.; Meyler, S.V.; Wohlhauser, S.; Rabarivola, C.; Chikhi, L. 2013. Conservation status and abundance of the crowned sifaka (*Propithecus coronatus*). *Primate Conservation* published electronically prior to print.
- Schwitzer, C.; Mittermeier, R.; Johnson, S.; Donati, G.; Irwin, M.; Peacock, H.; Ratsimbazafy, J.; Razafindramana, J.; Louis, E.E.; Chikhi, L. 2014. Averting lemur extinctions amid Madagascar's political crisis. *Science* 343: 842.
- Schwitzer, C.; Mittermeier, R.A.; Davies, N.; Johnson, S.; Ratsimbazafy, J.; Razafindramana, J.; Louis, E.E. Jr.; Rajaobelina, S. (eds). 2013. *Lemurs of Madagascar: a strategy for their conservation*. 2013-2016. IUCN SSC Primate Specialist Group, Bristol Conservation and Science Foundation, and Conservation International.
- Thomas, L.; Buckland, S.T.; Rexstad, E.A.; Laake, J.L.; Strindberg, S.; Hedley, S.L.; Bishop, J.R.; Marques, T.A.; Burnham, K.P. 2010. Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *Journal of Applied Ecology* 47: 5-14.
- Weisrock, D.W.; Rasoloarison, R.M.; Fiorentino, I.; Ralison, J.M.; Goodman, S.M.; Kappeler, P.M.; Yoder, A.D. 2010. Delimiting species without nuclear monophyly in Madagascar's mouse lemurs. *PLoS One* 5: e9883.