



LEMUR NEWS

The Newsletter of the Madagascar Section
of the IUCN SSC Primate Specialist Group
Volume 18, 2014



LEMUR NEWS

The Newsletter of the Madagascar Section of the IUCN SSC Primate Specialist Group
Vol. 18, 2014 ISSN 1608-1439

Senior Editor

Christoph Schwitzer, Bristol Zoological Society, Bristol, UK

Editors

Claudia Fichtel, German Primate Center, Göttingen, Germany

Jörg U. Ganzhorn, University of Hamburg, Germany

Tony King, The Aspinall Foundation, Port Lympne, UK

Vanessa Mass, VMC Environment Inc., Toronto, Canada

Rodin M. Rasoloarison, German Primate Center, Göttingen, Germany

Jonah H. Ratsimbazafy, GERP, Antananarivo, Madagascar

M. Sylviane N. Volampeno, Mikajy Natiora, Antananarivo, Madagascar

Anne D. Yoder, Duke University Lemur Center, Durham, USA



IUCN SSC Primate Specialist Group

Chairman Russell A. Mittermeier, Conservation International, Arlington, VA, USA

Deputy Chair Anthony B. Rylands, Conservation International, Arlington, VA, USA

Vice Chair – Section on Great Apes Liz Williamson, Stirling University, Stirling, Scotland, UK

Vice Chair – Section on Small Apes Benjamin M. Rawson, Fauna and Flora International, Cambridge, UK

Regional Vice Chairs – Neotropics

Mesoamerica – Liliana Cortés-Ortiz, Museum of Zoology & Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA

Andean Countries – Erwin Palacios, Conservación Internacional Colombia, Bogotá, Colombia, and Eckhard W. Heymann, Deutsches Primatenzentrum, Göttingen, Germany

Brazil and the Guianas – M. Cecília M. Kierulff, Instituto Pri-Matas, São Mateus, Espírito Santo, Brazil, Fabiano Rodrigues de Melo, Universidade Federal de Goiás, Jataí, Goiás, Brazil, and Maurício Talebi, Universidade Federal de São Paulo, Diadema, São Paulo, Brazil

Regional Vice Chairs – Africa

W. Scott McGraw, The Ohio State University, Columbus, OH, USA, David N. M. Mbor, Whittier College, Whittier, CA, USA, and Janette Wallis, University of Oklahoma, Oklahoma, OK, USA

Regional Vice Chairs – Madagascar

Christoph Schwitzer, Bristol Zoological Society, Bristol, UK, and Jonah Ratsimbazafy, GERP, Antananarivo, Madagascar

Regional Vice Chairs – Asia

China – Long Yongcheng, The Nature Conservancy, China

Southeast Asia/Indochina – Jatna Supriatna, Conservation International Indonesia Program, Jakarta, Indonesia, Christian Roos, Deutsches Primatenzentrum, Göttingen, Germany, Benjamin M. Rawson, Fauna and Flora International, Cambridge, UK, and Ramesh Boonratana, Mahidol University International College, Salaya, Nakhon Pathom, Thailand

South Asia – Sally Walker, Zoo Outreach Organization, Coimbatore, Tamil Nadu, India, and Sanjay Molur, Wildlife Information Liaison Development, Coimbatore, Tamil Nadu, India

Red List Authority Coordinators

Sanjay Molur, Wildlife Information Liaison Development, Coimbatore, Tamil Nadu, India, Christoph Schwitzer, Bristol Zoological Society, Bristol, UK, and Liz Williamson, Stirling University, Stirling, Scotland, UK (Great Apes)

Editorial assistants

Alison Cotton, Fay Clark, Rose Marie Randrianarison

Layout

Heike Klensang, Anna Francis

Copy editing

Alison Cotton, Francis Cabana

Front cover: Male Sanford's brown lemur (*Eulemur sanfordi*), Ankarana National Park, Madagascar.

This species is classified as Endangered on the IUCN Red List. © Bernard Castelein/naturepl.com

Addresses for contributions

Christoph Schwitzer

Bristol Zoological Society

Bristol Zoo Gardens

Clifton, Bristol BS8 3HA

United Kingdom

Fax: +44 (0)117 973 6814

Email: cschwitzer@bristolzoo.org.uk

Jonah Ratsimbazafy

GERP

34, Cité des Professeurs

Antananarivo 101

Madagascar

Email: gerp@wanadoo.mg

Lemur News online

All 18 volumes are available online at www.primate-sg.org, www.aeecl.org and www.dpz.eu

This volume of Lemur News was kindly supported by the Margot Marsh Biodiversity Foundation through Conservation International's Primate Action Fund.

Printed by Goltze GmbH & Co. KG, Göttingen, Germany



Editorial

Another year has passed since we published the last volume of Lemur News, and thus far, at least concerning lemur taxonomy, this year has been somewhat less eventful than the previous one. As of mid October, not a single lemur species has yet been described in 2014. Looking back a few years, an impressive 46 lemur species have been newly added to the list of the world's primates since 2000, with 37 of these descriptions published in the five-year period between 2005 and 2009 alone. Since 2010, "only" four new lemur species descriptions have seen the light of the peer-reviewed day. During the last five years I have been blaming pretty much everything that went wrong in Madagascar on the most recent political crisis (2009–2013) and on its main actors. To be fair to the illegitimate regime of the past few years however, the fact that the apparent drop in the number of lemur species descriptions coincided with the onset of the crisis is likely to be just that – purely coincidental.

Speaking of politics, one of the essential prerequisites for the effective long-term conservation of lemurs and their habitats is good governance. Since January this year, Madagascar finally has a democratically elected President and parliament again. Hery Rajaonarimampianina won the second round of presidential elections by a small margin. The former Finance Minister's first nine months in office have seen some encouraging first steps to restore the international community's confidence in Madagascar's governance, thus allowing the country to once again access much-needed bilateral and multilateral overseas development aid. Hopefully the new government will restore law enforcement to pre-crisis levels and show further decisive action against the illegal exploitation of Madagascar's forests and other ecosystems. To cite a recent report by the USAID on 25 years of their environment programmes in Madagascar (Freudenberger, 2010):

"The reasons for [Madagascar's environment being in significantly worse shape now than it was 25 years ago] are humbling in their magnitude and complexity. (Anyone who tells you that they have an easy answer to Madagascar's environmental problems should be immediately suspect, a caution necessary because Madagascar seems to be a magnet for people who think they have the "magic bullet.") Not-good-enough governance is without doubt a factor that underlies all others. [...] In the end, environmental preservation is hostage to economic development and economic development is hostage to good governance."

In February this year, some of us authored a paper about the recently published IUCN lemur conservation strategy in the journal *Science*. In it, citing a recent report by the Malagasy Office National pour l'Environnement (ONE et al., 2013), we mentioned that "remaining intact forest habitat was estimated to cover 92,200 km² in 2010, only 10 to 20% of Madagascar's original forest cover and down from 106,600 km² in 1990" (Schwitzer et al., 2014). This prompted a response from colleagues William McConnell and Christian Kull, who argued that the evidence for the often-repeated claim that people have eradicated 80 to 90% of Madagascar's original forest cover was dubious at best, and that a variety of non-forest vegetation covers predated human arrival on the is-

land. Whilst McConnell and Kull's argument is certainly valid and well supported by palaeoecological studies, the rather theoretical question of whether the island has lost 80% of its forests in 2,300 years or 52% in 60 years does not make the hint of a difference to the highly fragmented extant lemur populations in the few remaining forests of Madagascar. Whatever the extent of forest cover was prior to human arrival, the existence of lemurs today is hanging on a thread, and we need to ensure the implementation of as many of the actions detailed in the IUCN lemur conservation strategy as possible to aid their long-term survival.

At the time of writing, we are only 10 days away from the first ever weeklong World Lemur Festival, which will culminate in World Lemur Day on 31 October (see note under 'News and Announcements'). The festival is being organised by the Malagasy primatological society GERP whose President, Jonah Ratsimbazafy, is on the Editorial Board of Lemur News and co-chairs the Madagascar Section of the IUCN SSC Primate Specialist Group together with me. I wish Jonah, GERP, and all colleagues participating in the various events during the festival much success for promoting lemurs as a unique natural and cultural heritage for Madagascar and the world.

The Margot Marsh Biodiversity Foundation, through Conservation International's Primate Action Fund, kindly supported this volume of Lemur News.

Christoph Schwitzer

References

- Freudenberger, K. 2010. *Paradise Lost? Lessons from 25 years of USAID environment programs in Madagascar*. Washington, DC: International Resources Group.
- Office National pour l'Environnement (ONE) et al. 2013. *Évolution de la Couverture de forêts naturelles à Madagascar 2005-2010*. Antananarivo: ONE.
- Schwitzer, C.; Mittermeier, R.A.; Johnson, S.E.; Donati, G.; Irwin, M.; Peacock, H.; Ratsimbazafy, J.; Razafindramanana, J.; Louis Jr., E.E.; Chikhi, L.; Colquhoun, I.C.; Tinsman, J.; Dolch, R.; LaFleur, M.; Nash, S.; Patel, E.; Randrianambinina, B.; Rasolofoharivelo, T.; Wright, P.C. 2014. Averting lemur extinctions amid Madagascar's political crisis. *Science* 343: 842-843.

News and Announcements

IUCN Primate Specialist Group Madagascar Section

We are now halfway through the 2012–2016 IUCN quadrennium, and Jonah and I thought it would be good to remind all current members of the Madagascar Section of the IUCN SSC Primate Specialist Group of their membership in the group. The PSG has published the new three-year IUCN lemur conservation strategy back in 2013, which many of you have co-authored, and it is now down to all of us to help implement the actions that we have recommended in this document. As you all know, the situation of many lemur species has not improved since our red-listing workshop in 2012, and a lot of further work is required to safeguard all 105 taxa. This is not made easier by the fact that significant funding for the US\$7.6m strategy has yet to materialise.

However, if each of us fundraises for one or more of the proposed projects, then I am sure we can stem a sizeable chunk of the actions in the allocated time frame. Several of the projects are being implemented already, such as Sahamalaza, Kianjavato and Montagne des Français. Others are yet to be started, and it is those that could really benefit from one or more PSG members championing their cause. We would hence like to encourage you all to take ownership of the projects that you have proposed or co-authored, or indeed of any other projects that aim to conserve lemurs, and strive towards making them happen. Jonah and I are happy to help and assist where we can, for example writing references for grant applications.

If you let us know about your project successes, we could devote a section in the next volume of Lemur News to reports from the various projects.

The current IUCN Primate Specialist Group members for Madagascar are: Nicole Andrianholinirina, Fanantenana Solofonirina Andriatsarafara, Rick Brenneman, Rainer Dolch, Giuseppe Donati, Anna T.C. Feistner, Jörg Ganzhorn, Cristina Giacoma, Ken Glander, Christopher Golden, Lisa Gould, Caroline Harcourt, Mitchell Irwin, Steig Johnson, Alison Jolly, Peter Kappeler, Tony King, Marni LaFleur, Shawn Lehman, Edward Louis, Vanessa Mass, Mireya Mayor, Erik Patel, Joseph Clément Rabarivola, Ute Radespiel, Brigitte Raharivololona, Andry Rajaonson, Gilbert Rakotoarisoa, Jacques Rakotonanahary, Gilbert Rakotondratsimba, Romule Rakotondravony, Eric Odon Rakotonirainy, Laingoniaina Herifito Fidèle Rakotonirina, Fidimalala Bruno Ralainasolo, Rosette Ralisomalala, Farasolo Paule-Aimée Ralison, José Ralison, Jean Freddy Ranaivoarisoa, Sahoby Ivy Randriamahaleo, Blanchard Randrianambinina, Rose Marie Randrianarison, Guy Hermas Randriatahina, Fidisoa Thierry Rasambainarivo, Hantanirina Rasamimanana, Rodin Rasoloarison, Maminiana Rasolofoharivelo, Raymon David William Rasolofoson, Solofonirina Rasoloharijaona, Félix Ratelolahy, Jonah Ratsimbazafy, Joelisoa Ratsirason, Hanta Razafindraibe, Josia Razafindramanana, Onja Harinala Razafindratsima, Yves Rumpler, Christoph Schwitzer, Melanie Seiler, Ian Tattersall, Maria Sylviane Volampeno, Patricia C. Wright, Anne Yoder and John Rigobert Zaanarivelo.

World Lemur Festival 2014

In order to raise awareness, promote lemur conservation and improve the Madagascar economy through tourism, World Lemur Festival 2014 was held during the week of 25th to 31st October 2014. This event was held across all 22 regions of Madagascar as well as being celebrated across the world. Funds collected from this event will go towards implementing the conservation strategy for lemur survival as well as helping local people in protecting the forests critical for lemur survival. This was the first World Lemur Festival in Madagascar and we all look forward to hearing of its success.

Announcing the Lemur Conservation Network

Join Forces to Save Lemurs from Extinction

The Lemur Conservation Network will be an online funding guide for individuals (and potential donors) who want to support lemur conservation and the Lemur Action Plan, and

a resource for organizations who want to promote their work in lemur conservation. With this project, we aim to unite organizations that are working to save Madagascar's lemurs from extinction with people who want to join and support the cause. The site is created in partnership with Christoph Schwitzer, Steig Johnson, and the Madagascar Section of the Primate Specialist Group of the IUCN, with web design services donated by The Art Monkey LLC.

We are scheduled to launch in early 2015 at www.lemurconservationnetwork.org. If your organization would like to be included, please email Kim Reuter at kimeleanorreuter@gmail.com.

Short Communications

Preliminary data on population density and habitat use of *Lepilemur tymerlachsonorum* in Lokobe National Park

Millan Bederu^{1*}

¹The George Washington University, 2121 Eye St NW, Washington, D.C. 20052

*Corresponding author: bederu@gwmail.gwu.edu

Abstract

Lokobe National Park is home to the recently described endemic Nosy Be or Hawk's sportive lemur (*Lepilemur tymerlachsonorum*). Described in 2006 as a species distinct from *Lepilemur dorsalis* (Louis et al., 2006), *L. tymerlachsonorum* has been little studied in the wild. This study aims to provide much needed information about the population and habitat of the species. Transect walks and habitat surveys suggest that *L. tymerlachsonorum* spends its active time in less dense forest. Trees that *L. tymerlachsonorum* occupy are usually slightly larger in both width and height than the trees in their immediate surroundings. Population density is estimated at 63.2 individuals/km².

Introduction

The abundance of the Nosy Be or Hawk's sportive lemur, *L. tymerlachsonorum*, is generally unknown. The focus of this study was to estimate the population density of *L. tymerlachsonorum* on the east side of the Lokobe National Park and to undertake a preliminary analysis of their habitat uses. Understanding the habitat of *L. tymerlachsonorum* can determine conservation needs for the species. The sportive lemur species was considered Data Deficient on the IUCN Red List (Mittermeier et al., 2010) but has now been categorized as Critically Endangered in the conservation plan for 2013-2016 (Schwitzer, 2013). The new strategy for the conservation of lemurs call for the study of little known populations like the nocturnal species of Lokobe. This study serves to elucidate the standing of *L. tymerlachsonorum* in the various criteria of the IUCN classifications for threatened status. Criteria A, C, and D are concerned with the change in population of the species and criterion B is concerned with the geographic range (A2acd+3cd+4acd; B2ab (i,ii,iii,iv,v) Schwitzer, 2013). This study provides estimates for the current population density of *L. tymerlachsonorum* which can be re-evaluated in future years.

Methods

Four paths were surveyed in the forest of Lokobe National Park; three touristic trails, Kindro Nosy Be, Kindro Mitsinjdro, and Kindro Ampasindava, and one permanent transect (Fig. 1, Fig. 2). Kindro Nosy Be runs through the park parallel to the ocean shore for approximately 760 m (Fig. 3). This transect was walked seven times with three walks occurring in conjunction with the permanent transect and each of the other two tourist trails. Kindro Mitsinjdro runs perpendicular to the ocean shore for approximately 1000 m and was surveyed three times with one survey occurring in conjunction with Kindro Nosy Be. The final trail, Kindro Ampasindava, branches off from Kindro Nosy

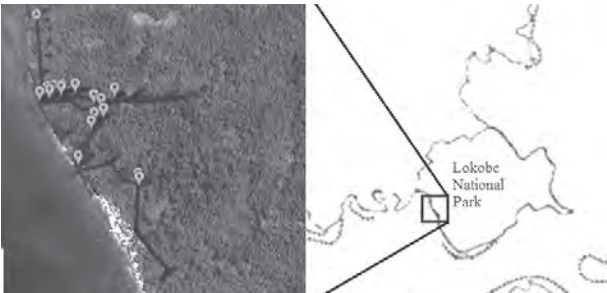


Fig. 1: Map of Lokobe National Park with surveyed area boxed. All trails, except Kindro Ampasindava, and lemur sightings are also marked.

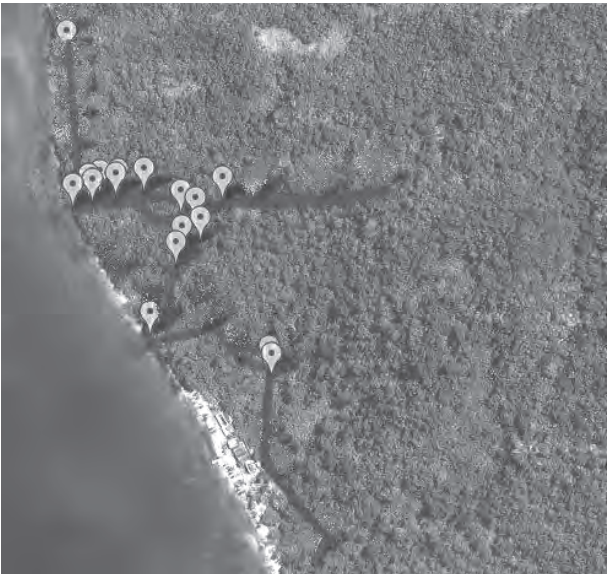


Fig. 2: All trails except Kindro Ampasindava with lemur sightings marked.



Fig. 3: Map of Nosy Be with Lokobe National Park labelled.

Be. Kindro Ampasindava was walked once in conjunction with Kindro Nosy Be. The permanent transect was walked four times with one survey occurring in conjunction with Kindro Nosy Be. A total of twelve surveys were conducted between the hours of 18:00 to 20:00 five or six times a week between the dates of 6 November 2013 and 22 November 2013.

Lemur-used trees were flagged when observed and described during daylight hours. The trees proximal to each lemur-used tree were identified using the Point Centered Quarter method in quadrants NE, SE, SW, and NW of the lemur-used tree (Ganzhorn, 2003). The lemur-used and proximal trees were described by the same criteria; height, circumference at breast height (CBH), phenology and presence of a sleeping hole.

Results

Population data was analyzed using the formula provided by Sutherland et al. (2006).

$$\frac{n(\sqrt{\frac{2n}{\pi \sum x_i^2}})}{2L} = \text{population density}$$

The population density was calculated at 63.2 individuals/km². The averages of each trail were 184 individuals/km² on Kindro Nosy Be, 53.65 individuals/km² on Kindro Mitsinjdro, 15 individuals/km² on the permanent transect, and 0 individuals/km² on Kindro Ampasindava. All of the averages for each trail were then averaged together to arrive at a population density of 63.2 individuals/km². This was done so that trails that were surveyed more times would have an equal influence on the calculations as trails that were surveyed fewer times. The population density of each of the 12 surveys was also calculated individually and averaged to yield a population density of 124 individuals/km². This average included four transects which yielded no views.

The lemurs were spotted in trees that were generally larger than their neighboring plants (Fig. 4). While only 13% of proximal trees were 9 meters or higher, 61% of lemur sighted trees were between 9 and 23 meters tall. CBH's were similarly smaller in proximal trees than in central lemur sighted trees. All observed lemur used trees had leaves, and no sleeping holes were observed.

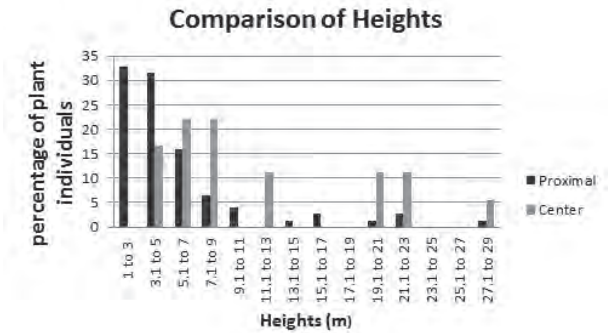


Fig. 4: Height comparison between lemur-sighted trees and proximal trees.

Discussion

Analyses of the lemur sighted trees suggest that *L. tymerlachsonorum* spend large amounts of active time in smaller trees. Population densities were greatest on trails with smaller trees, Kindro Nosy Be and the beginning of Kindro Mitsinjdro, as opposed to paths with thicker and

taller trees, Kindro Ampasindava, the permanent transect, and the furthest parts of Kindro Mitsinjdoro. It may be that smaller trees facilitate easy movement for the small arboreal lemurs. Previous studies have also suggested that *L. tymerlachsonorum* prefers secondary forest (Petter and Petter, 1971).

A higher number of observations in secondary forest may also be because of the relative ease of observation in the thinner forest compared to thick primary forest. Auditory observations were made in the thicker forest, as well as in the periphery forest, but were not included in calculations as distances were difficult to determine.

Conclusion

Population estimates were developed based on data collected from twelve surveys of four trails. Each survey was analyzed using the Sutherland model and averaged to give a population density for each trail. All four averages, one for each trail, were then averaged to yield 63.2 individuals/km².

The population of *L. tymerlachsonorum* seems to be concentrated in thinner forest, though this is possibly due to distance bias in the thicker forest. A previously conducted study does suggest that *L. tymerlachsonorum* prefers secondary forest. This warrants investigations which study the accessibility of foliage or ease of mobility in primary and secondary forest. Studies which contrast the central and peripheral forest environments could be useful in understanding the ideal environment for the species.

Acknowledgements

Thank you to the SIT Madagascar; Biodiversity and Natural Resource Management Faculty and Staff; Jim Hansen, Barry Ferguson, Mamy Rajaonah, Luis "Naina" Manera Raevonina, Martine Razafimandimby, and Melvin "Sosony" Joelson Razafimandimby. Also thank you to the Malagasy Ministry of Higher Education and Scientific Research for authorisation No: 649/13/DG/DG/DOP/CEE RECU-977 (23/Octobre/2013), Madagascar National Parks, and the Staff of Lokobe National Park; Madame Candicia, Monsieur Gerard, Monsieur Said, and my Guides; Monsieur Omar and Monsieur Dauphin.

References

- Ganzhorn, J.U. 2003. Habitat description and phenology. Pp. 40-56. In: J. M. Setchell; D. J. Curtis (eds.). Field and laboratory methods in primatology: a practical guide. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Louis, E.E. Jr.; Engberg, S.; Lei, R.; Geng, H.; Sommer, J.A.; Randriamampionona, R.; Randriamanana, J.C.; Zaonarivelo, J.R.; Andriantompohavana, R.; Randria, G.; Rooney, A.; Brenneman, R.A. 2006. Molecular and morphological analyses of the sportive lemurs (Family Megaladapidae: Genus *Lepilemur*) reveals 11 previously unrecognized species. Special Publications, Museum of Texas Tech University 49: 1-47.
- Mittermeier, R.A.; Louis, E.E. Jr.; Richardson, M.; Schwitzer, C.; Langrand, O.; Rylands, A.B.; Hawkins, F.; Rajaobelina, S.; Ratsimbazafy, J.; Rasoloarison, R.; Roos, C.; Kappeler, P.M.; Mackinnon, J. 2010. Lemurs of Madagascar: third edition. Conservation International.
- Petter, A.; Petter, J.-J. 1971. Part 3.1 Infraorder Lemuriformes. Pp. 1-10. In: J. Meeter; H. Setzer (eds.). The mammals of Africa: an identification manual. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- Sutherland, W.J. 2006. Ecological census techniques: second edition. New York: Cambridge University Press.
- 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.

Association of a giant coua and southern bamboo lemurs in Mandena

Timothy M. Eppley^{1,2*}, Giuseppe Donati², Jörg U. Ganzhorn¹

¹Department of Animal Ecology and Conservation, University of Hamburg, Hamburg, Germany

²Nocturnal Primate Research Group, Oxford Brookes University, Oxford, United Kingdom

*Corresponding author: eppleyti@gmail.com

Primate-bird interactions have been observed across various species in multiple habitats (as reviewed in Heymann and Hsia, 2014). Often these associations are theorized to increase foraging efficiency (Fontaine, 1980; Boinski and Scott, 1988; Newton, 1989; Heymann, 1992) or may act as an anti-predator strategy by increasing vigilance (Rainey et al., 2004). In Heymann and Hsia (2014), primate-non-primate associations are reported as wholly absent from Madagascar, including primate-bird associations which are occasionally observed in diurnal primates from mainland Africa, Asia, and the Neotropics. Although anecdotal, we feel it is important to report the first observations to our knowledge of a lemur-bird association in Madagascar as observed between a group of southern bamboo lemurs (*Hapalemur meridionalis*) and a giant coua (*Coua gigas*) in the Mandena littoral forest (24°95'S, 46°99'E), south-east Madagascar.

On June 18, 2013, while conducting a full-day focal follow of *H. meridionalis*, TME noticed a giant coua approach the small group of three bamboo lemurs just prior to 9:00AM and begin to forage through the leaf litter, presumably for arthropods which constitute a large portion of their diet (Goodman and Wilmé, 2003). Southern bamboo lemurs have been observed to spend a significant amount of time grazing (Fig. 1) on terrestrial grasses (Family: Poaceae), thus they forage throughout the area on the forest floor (Eppley and Donati, 2009; Eppley et al., 2011). Neither species seemed disturbed by this interaction, so they continued to forage in close proximity (inter-species distance ranged from 0.5-3.0m). Throughout the day the large, mostly terrestrial bird (approximately 400g) remained in the immediate area and continued to forage either beside or behind the lemurs, at most venturing 10m away when the lemurs settled down for a two-hour midday rest. In total, the association lasted approximately six and a half hours, ending at 15:30PM when the coua disengaged from following the lemurs. An additional observation of a giant coua associating with the same group of bamboo lemurs occurred on August 27, 2013, with the bird following behind and foraging (inter-species distance ≤ 3m) with the lemur group from 8:00 - 9:10AM. This interaction ceased when the lemur group ascended into the low canopy and quickly traveled to another area of the forest.

Although these observations of synchronous movement through the forest did not appear to include any similar food items, there is potential for the lemurs to flush arthropod prey for the coua to exploit (Fontaine, 1980; Boinski and Scott, 1988). As the southern bamboo lemurs focus much of their foraging on a terrestrial grass species (e.g., *Panicum* spp.) they disrupt the topsoil and leaf-litter which in turn could uncover or potentially cause arthropod prey to scatter. For the heavily insectivorous giant coua, this would certainly increase their foraging efficiency at zero cost to the grazing lemurs (i.e., commensalism). Another possible explanation for the association could be increased anti-predator vigilance as both species are at risk of aerial and terrestrial predation



Fig. 1: Group of southern bamboo lemurs grazing on various grasses (Family: Poaceae) in the Mandena littoral forest.

(Goodman and Wilmé, 2003; Karpanty and Wright, 2007), and with the potential for interspecies alarm call comprehension (Rainey *et al.*, 2004; Seiler *et al.*, 2013), the association may be perceived as mutually beneficial (Heymann and Hsia, 2014). Heymann and Hsia (2014) theorize that the absence of primate-non-primate associations in Madagascar is likely related to the scarcity of terrestrial, diurnal and herbivorous mammals, yet data reported from Eppley and Donati (2009) confirm that *H. meridionalis* fulfil each of these requirements. These previous data along with our recent observations demonstrate that it is not entirely out of the question for an association between *C. gigas* and *H. meridionalis* to occur more frequently. Observations of the association, however, may remain limited to chance since the giant coua is known to be actively hunted by humans (Goodman and Wilmé, 2003) which may result in the terrestrial bird being hesitant to approach the lemurs while a human is in close proximity. Despite this potential obstacle, further long-term studies of *Haplemur* spp. at sites where they have been observed to terrestrially graze may provide additional evidence of lemur-bird associations.

Acknowledgements

We would like to thank the Département de Biologie Animale, Université d'Antananarivo, the Direction du Système des Aires Protégées, and the Ministère de l'Environnement et Forêts of Madagascar for permission to conduct research. In addition, we would like to thank Jacques Rakotondranary and Tolona Andrianasolo, for their logistical assistance and obtaining research permits. We greatly appreciate the assistance and logistical support provided by the Biodiversity team at Rio Tinto QMM, most especially Johny Rabenantoandro, Jean-Baptiste Ramanamanjato, and Laza Andriamandimbarisoa. We are grateful for the generous financial support and field gear provided by the American Society of Primatologists, Conservation International/Margot Marsh Biodiversity Foundation Primate Action Fund, IDEAWILD, Mohamed bin Zayed Species Conservation Fund (Project Number: 11253008), Primate Conservation Inc., Primate Society of Great Britain and Knowsley Safari Park.

References

Boinski, S.; Scott, P.E. 1988. Association of birds with monkeys in Costa Rica. *Biotropica* 20: 136-143.
Eppley, T.M.; Donati, G. 2009. Grazing lemurs: exhibition of terrestrial feeding by the southern gentle lemur, *Haplemur*

meridionalis, in the Mandena littoral forest, southeast Madagascar. *Lemur News* 14: 16-20.
Eppley, T.M.; Verjans, E.; Donati, G. 2011. Coping with low-quality diets: a first account of the feeding ecology of the southern gentle lemur, *Haplemur meridionalis*, in the Mandena littoral forest, southeast Madagascar. *Primates* 52: 7-13.
Fontaine, R. 1980. Observations on the foraging association of double-toothed kites and white-faced capuchin monkeys. *Auk* 97: 94-98.
Goodman, S.M.; Wilmé, L. 2003. Cuculiformes: *Coua* spp., Couas. Pp. 1535-1537. In: S.M. Goodman; J.P. Benstead (eds.). *The natural history of Madagascar*. University of Chicago Press, Chicago, USA.
Heymann, E.W. 1992. Association of tamarins (*Saguinus mystax* and *Saguinus fuscicollis*) and double-toothed kites (*Harpagus bidentatus*) in Peruvian Amazonia. *Folia Primatologica* 59: 51-55.
Heymann, E.W.; Hsia, S.S. 2014. Unlike fellows - a review of primate-non-primate associations. *Biological Reviews*: doi: 10.1111/brv.12101
Karpanty, S.M.; Wright, P.C. 2007. Predation on lemurs in the rainforest of Madagascar by multiple predator species: observations and experiments. Pp. 77-99. In: S.L. Gursky; K.A.I. Nekaris (eds.). *Primate anti-predator strategies*. Springer, New York, USA.
Rainey, H.J.; Zuberbühler, K.; Slater, P.J.B. 2004. The responses of black-casqued hornbills to predator vocalisations and primate alarm calls. *Behaviour* 141: 1263-1277.
Seiler, M.; Schwitzer, C.; Gamba, M.; Holderied, M.W. 2013. Interspecific semantic alarm call recognition in the solitary Sahamalaza sportive lemur, *Lepilemur sahamalazensis*. *PLoS One* 8:e67397.

Further evidence of raptor predation on nocturnal lemurs: remains collected from a nest of the Madagascar Goshawk (*Accipiter henstii*)

Steven M. Goodman^{1*}, Marius P.H. Rakotondratsima², Lily Arison René de Roland²

¹ Field Museum of Natural History, 1400 South Lake Shore Drive, Chicago, Illinois, 60605 USA and Association Vahatra, BP 3972, Antananarivo 101, Madagascar

² The Peregrine Fund, BP 4133, Antananarivo 101, Madagascar

*Corresponding author: sgoodman@fieldmuseum.org

Introduction

Over the past two decades, a considerable amount of information has been gathered on the types of predators feeding on different species of lemur, which include a wide range of diurnal (hawks, falcons) and nocturnal (owls) birds of prey, different diurnal and nocturnal introduced and native carnivorous, and snakes (mostly boas) (Goodman, 2003; Patel, 2005; Karpanty and Wright, 2007). For most of these predators, information on geographical differences in dietary preferences and the species-age composition of lemurs they feed upon is far from being complete. Herein we report on the prey remains found associated with the nest of Henst's Goshawk *Accipiter henstii*, an endemic medium-sized forest raptor, in the Bemanevika New Protected Area (NPA). This species has already been the subject of some dietary studies, mainly during the breeding period, and prey animals include different species of lemurs (Goodman *et al.*, 1997; Rene de Roland, 2000; Karpanty and Wright, 2007).

Study area and methods

Between November and December 2012, Rakotondratsima and Arison followed an active nest of *Accipiter henstii* in the Bemanevika NPA (14°19'43"S, 48°35'10"E; 1600-1750 m asl), District of Bealanana, Sofia Region (Fig. 1). The site was

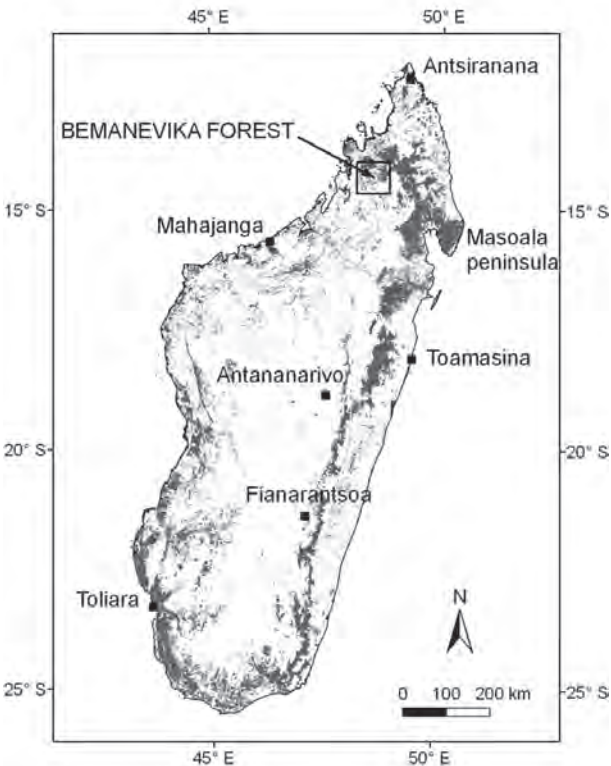


Fig. 1: Map of Madagascar showing the placement of the study site in the Bemanivika Forest, as well as some other sites and provincial capitals.

in montane forest of the Central Domain, with a canopy varying from 8 to 25 m in height. In the immediate area of the study site, there was also a mixture of habitats ranging from relatively intact forest, savanna, marshes, and lakes. One nest, placed in a tree 18 m off the ground and in the interior of an intact-forested zone at 14°21'16.2"S; 48°35'40.0"E, 1600 m above sea level. The reproductive activities at the nest of the nesting birds were followed in detail. Most of the prey remnants were collected by climbing the nest tree and the balance on the ground surrounding the tree. The remains were identified by comparison to the comparative osteological collection at The University of Antananarivo, Department of Paleontology and Biological Anthropology. The largest number of either the left or right side for non-disarticulated bone elements was considered the minimum number of individuals (MNI). For the species designation of identified lemur prey, specifically the genus *Avahi*, we follow an older classification.

Results

In total, 11 different individuals were identified from the collected prey remains (Tab. 1), which include a juvenile *Accipiter henstii* that presumably represents a young bird that died in the nest, rather than prey remnants. Two species of lemurs, *Avahi laniger* and *Lepilemur dorsalis*, represented 80% of the identified animals, while two bird species, Blue Coua *Coua caerulea* and Madagascar Turtle Dove *Streptopelia picturata*, the remaining 20%. All of the lemurs identified were adults, with the exception of one subadult *Avahi*. By biomass, the two lemur species represented close to 94% of the prey taken.

Discussion

In general, the results presented herein from the *Accipiter henstii* nest at Bemanivika are similar to an analysis of prey remains associated with a nest of this same species in low-

land forest on the Masoala Peninsula (Goodman *et al.*, 1998), where lemurs were frequently taken (Tab. 1). The principal difference is at the Masoala site, birds accounted for over 60% by representation and over 25% by biomass of prey animals taken. On the basis of these results, as well as an analysis by Karpanty and Wright (2007) from mid-altitude humid forest at Ranomafana National Park, it is clear across the geographical range of this raptor, lemurs form a major component of its diet.

One of the prey remains recovered from the Bemanivika nest was an adult *Avahi laniger*, the skeleton of which was still largely articulated. Hence, this animal of an estimated 1175 g must have been physically carried to the nest by the goshawk. The rib cage of the *Avahi* was completely open, with the sternum missing, while considerable muscle remained on the long bones (Fig. 2). The possibility cannot be excluded that other raptors such as the yellow-billed kite (*Milvus aegyptiacus*), scavengers such as the pied crow (*Corvus albus*), or carrion beetles may have been responsible for the removal of certain tissues from the *Avahi* carcass once it arrived in the nest. However, based on the carcass remains, it would appear that the young in the nest were feed portions of the lemur's viscera, as compared to muscle. Why the adults did not feed themselves on the remaining source of muscle protein is difficult to explain.

Tab. 1: Comparison of prey animals identified from *Accipiter henstii* nests at Bemanivika and the Masoala Peninsula. Figures are presented as the minimum number of individuals (MNI) as defined in the methods section and in parentheses (%representation/%biomass).

Prey species	Bemaevika (this study)	Masoala Peninsula (Goodman et al., 1998)	Mean mass of prey (g) ¹
Birds			
<i>Accipiter hensti</i>	1 ²	1	
<i>Coua caerulea</i>	1 (10.0/3.5)	8(44.4/20.4)	235
<i>Coua cf. serriana</i>	-	1 (5.5/1.8)	~170
<i>Centropus toulou</i>	-	1(5.5/2.1)	189
<i>Mentocrex kioloides</i>	-	1(5.5/1.9)	172
<i>Streptopelia picturata</i>	1 (10.0/2.7)	-	182
Mammals			
<i>Avahi laniger</i> (adult)	3 (30.0/52.7)	5(27.7/63.7)	1175
<i>A. laniger</i> (subadult)	1 (10.0/11.2)	1(5.5/8.1)	~750
<i>Lepilemur dorsalis</i>	4 (40.0/29.9)	-	~500
<i>Setifer setosus</i>	-	1 (5.5/2.1)	190
Total	10	18	

¹Taken from Goodman *et al.* (1998), Ravokatra *et al.* (2003), Mittermeier *et al.* (2006)

²In both cases juveniles and presumed nestling that died in the nest, rather than prey remnants. These remains are not used in calculations of representation and biomass.

Accipiter henstii is widespread across the remaining forested zones of Madagascar, and feeds on several different types of prey, such as birds of moderate body size (up to nearly 250 g), as well as an assortment of mammals, including diurnal and nocturnal lemurs. There are records of this raptor feeding on lemurs the size of *Varecia variegata*, which weigh about 3.5 kg (Karpanty and Wright, 2007). This raptor is best considered an important regulator of lemur population densities.

Acknowledgements

We are grateful to Moise and Eugène Ladoany, both field technicians of the Peregrine Fund Project, for helping with the collection of prey remains.



Fig. 2: Photograph of adult *Avahi laniger* recovered from a nest of *Accipiter henstii* in the Bemanevika Forest. Note the manner the ribcage has been completely opened and apparently emptied of its contents, as well as certain major long-bone muscles still being present and not fed upon by this raptor. (Photograph by Achille Raselimanana)

References

- Goodman, S.M. 2003. Predation on lemurs. Pp. 1221-1228. In: S.M. Goodman, J.P. Benstead (eds.). The natural history of Madagascar. The University of Chicago Press, Chicago.
- Goodman, S.M.; Rene de Roland, L.-A.; Thorstrom, R. 1998. Predation on the eastern woolly lemur *Avahi laniger* and other vertebrates by Henst's Goshawk *Accipiter henstii* in Madagascar. *Lemur News* 3: 14-15.
- Karpanty, S.M.; Wright, P.C. 2007. Predation on lemurs in the rainforest of Madagascar by multiple predator species: observations and experiments. Pp. 75-97. In: S.L. Gursky, K.A.I. Nekaris (eds.). Primate anti-predator strategies. Springer Press, New York.
- Mittermeier, R.A.; Konstant, W.R.; Hawkins, F.; Louis, E.E. Jr.; Langrand, O.; Ratsimbazafy, J.; Rasoloarison, R.; Ganzhorn, J.U.; Rajaobelina, S.; Tattersall, I.; Meyers, D.M. 2006. Lemurs of Madagascar, 2nd edition. Conservation International, Washington, D.C.
- Patel, E.R. 2005. Silky sifaka (*Propithecus candidus*) predation by a fossa (*Cryptoprocta ferox*). *Lemur News* 10: 25-27.
- Ravokatra, M.; Wilmé, L.; Goodman, S.M. 2003. Bird weights. Pp. 1059-1063. In: S.M. Goodman; J.P. Benstead (eds.). The natural history of Madagascar. The University of Chicago Press, Chicago.
- Rene de Roland, L.-A. 2000. Contribution à l'étude biologique, écologique et éthologique de trois espèces d'*Accipiter* dans la presqu'île de Masoala. Thèse de Doctorat de 3^{ème} Cycle, Département de Biologie Animale, Université d'Antananarivo.

Densité de la population de *Lepilemur mittermeieri* dans la région d'Ampasindava (Nord-Ouest de Madagascar)

Tantely N. Ralantoharijaona^{1*}, Aubin Besolo¹, Clément J. Rabarivola¹, Christoph Schwitzer², Jordi Salmona^{3*}

¹Département de Biologie Animale et Ecologie, Université de Mahajanga, Campus Universitaire Ambondrona, BP 652 401 Mahajanga, Madagascar

²Bristol Zoological Society, c/o Bristol Zoo Gardens, Clifton, Bristol, BS8 3HA, UK

³Instituto Gulbenkian de Ciência, Rua da Quinta Grande, 6, P-2780-156 Oeiras, Portugal

*Corresponding authors: r_yletmat@yahoo.com, jordi.salmona@gmail.com

Mots-clés: *Lepilemur mittermeieri*, line transect distance sampling, densité

Résumé

Lepilemur mittermeieri, endémique de la presqu'île d'Ampasindava, a été récemment décrit (Rabarivola et al., 2006). Aujourd'hui, son statut de conservation, sa distribution et son abondance sont encore peu clairs et l'espèce était classée «Data Deficient» par l'UICN jusqu'à très récemment (Schwitzer et al., 2013). Dans le but d'estimer l'abondance de la population dans la presqu'île d'Ampasindava, nous avons utilisé la méthode de «line transect distance sampling» (Buckland et al., 2004) dans différents fragments forestiers. Ces travaux nous ont permis de répertorier les espèces de lémuriens présentes dans la région, et l'analyse réalisée via le logiciel Distance (Thomas et al., 2010), nous a permis d'estimer la densité de la population de *L. mittermeieri* de 133 individus par km² dans la région d'Ampasindava. Cette faible densité confirme nos craintes concernant le statut précaire de l'espèce.

Abstract

Lepilemur mittermeieri, endemic of the Ampasindava peninsula was only recently described (Rabarivola et al., 2006). Its conservation status and distribution are still not clearly defined and until very recently the species was still classified «Data Deficient» by the IUCN (Schwitzer et al., 2013). Using the «line transect distance sampling» method (Buckland et al., 2004) and Distance software (Thomas et al., 2010) we estimated the density of the population in Ampasindava. This survey work allowed us to construct an inventory of the lemur species present in the Ampasindava area and to estimate a density of 133 individuals per km² for the population of *L. mittermeieri*.

Introduction

Lepilemur mittermeieri a été récemment décrit (Rabarivola et al., 2006). Son aire de distribution et la taille de sa population sont encore mal connues et justifiait son statut «Data Deficient» (Schwitzer et al., 2013). Néanmoins, *L. mittermeieri* est considéré comme endémique de la presqu'île d'Ampasindava, ce qui représente une aire de répartition relativement restreinte. L'espèce pourrait se trouver en «danger critique» d'extinction (Statut UICN Critically Endangered) compte tenu de cette faible répartition et des pressions anthropogéniques qui pèsent sur les forêts de la région (T.N.R., A.B., observations personnelles). D'ailleurs, lors de la récente réunion UICN pour réévaluer le statut de conservation des Lémuriens, le Statut «Endangered» a été proposé pour l'espèce. Dans ce contexte, le but de cette étude est donc d'estimer les densités de *L. mittermeieri* dans différents fragments forestiers de la presqu'île d'Ampasindava afin d'aider aux futures évaluations de son statut de conservation et dans le but de renseigner les gestionnaires d'un éventuel programme de conservation de l'espèce.

Sites d'étude

L'étude a été réalisée dans la presqu'île Ampasindava, District d'Ambanja (Fig. 1). Deux fragments forestiers différents ont été visités, l'un à Ambaliha (-13.765.44°SN et 48.157.99°EO) et l'autre à Ampopo (-13.731.75°SN et 48.050.68°EO). Cette presqu'île a un point culminant de 730m d'altitude principalement composé de roche alcaline (Lacroix, 1902) et est recouverte par une mosaïque des forêts denses humides, et de forêts sèches de basse altitude, séparées par des savanes (Moat and Smith, 2007).

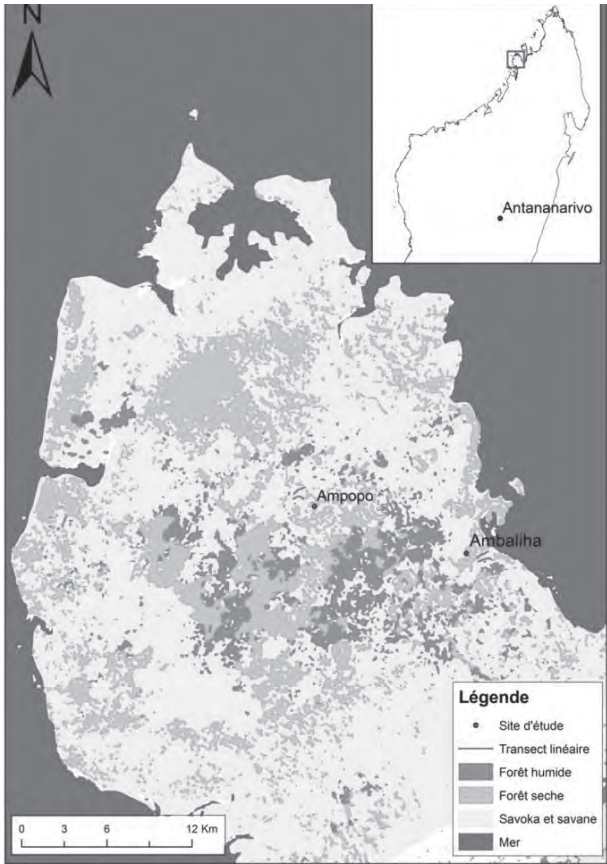


Fig. 1: Carte des sites d'étude dans la presqu'île d'Ampasindava. Cette carte représente les transects parcourus dans les deux sites d'études de la péninsule d'Ampasindava. Les polygones de forêts proviennent de Moat and Smith (2007).

Méthodologie: estimation de la densité et recherche de dortoirs

La densité de population a été évaluée en utilisant la méthode de «Line-Transect-distance sampling» (Buckland et al., 2004; Meyler et al., 2012). Quatre transects (de 1 à 1,80km de longueur) ont été créés, mesuré et marqué par des balises chaque 20m. Les transects ont été parcourus entre le 7 et le 25 décembre 2010, entre 18h30 et 21h, et répétés trois fois par équipe de deux personnes.

Les suivis ont été réalisés à l'aide d'une lampe frontale, afin de repérer les reflets lumineux des yeux des lémuriens nocturnes en suivant la méthode décrite par Meyler et collaborateurs (2012) et particulièrement bien adapté aux membres du genre *Lepilemur*. Lorsqu'un animal est repéré, une lampe plus puissante est utilisée pour identifier l'espèce. La méthode d'estimation de la densité CDS (Conventional Distance Sampling), (Buckland et al., 2004) et implémentée dans le logiciel DISTANCE 6.0 (Thomas et al., 2010) se base sur le principe suivant: la densité (D) est égale au nombre total d'observations (N_T), divisé par l'aire d'observation (A). L'aire d'observation étant le produit de la longueur totale parcourue (L_T) et de la largeur effective d'observation (ESW-Effective StripWidth). Cette méthode consiste à ajuster une fonction de détection aux distances perpendiculaires des observations dans le but d'estimer la largeur effective de comptage (ESW). Quatre fonctions de détection (uniform, negative-exponential, half-normal et hazard-rate) ont été testées, et le modèle est choisi en utilisant le critère d'information d'Akaike (AIC) et le test du χ^2 GOF (Goodness-of-fit test) (Thomas et al., 2010).

Les recherches de dortoirs diurnes ont été réalisées lors de quatre jours (Site Ampopo) et six jours (Site Ambaliha) de parcours aléatoires.

Résultats et discussion

Espèces observées et densités estimées

Lors du parcours des transects, nous avons recensé la présence de *Mirza zaza*, *Cheirogaleus* sp, et *Avahi unicolor*, *Eulemur macaco*, *Hapalemur occidentalis* (Tab. 1). Le site d'Ampopo semble plus fréquenté par *M. zaza* que le site d'Ambaliha (Tab. 1). Concernant les autres genres, malgré l'absence d'observation du genre *Microcebus* sur le site d'Ampopo et du genre *Hapalemur* sur le site d'Ambaliha, le faible nombre d'observations ne permet pas de conclure quand à de possible différence entre ces deux sites (Tab. 1).

Tab. 1: Espèces observées dans la presqu'île d'Ampasindava.

Famille	Genre	Ambaliha		Ampopo	
		#	#/km	#	#/km
Cheirogaleidae	<i>Microcebus</i>	2	0,32	0	0,00
	<i>Mirza</i>	10	1,60	21	3,50
	<i>Phaner</i>	9	1,44	6	1,00
Eulemuridae	<i>Hapalemur</i>	0	0,00	2	0,33
Lepilemuridae	<i>Lepilemur</i>	19	3,04	18	3,00

Notes: # = nombre

Concernant les estimations de densité réalisées à l'aide du logiciel Distance, la comparaison des différentes fonctions de détection à l'aide du critère d'Akaike ne permet pas de distinguer de modèle ajustant le mieux les données. En conséquence nous avons choisi par défaut de considérer la fonction de détection fréquemment reportée comme adéquate dans les études de densité chez les Indriidae, c'est-à-dire la fonction hazard-rate (Quéméré et al., 2010; Sabin et al., 2013; Salmona et al., 2013). Les densités de *L. mittermeieri* estimés semblent très similaires entre les deux sites (Ambaliha et Ampopo, Tab. 2) et les types de forêt (forêt non dégradée et dégradée, résultats non présentés).

La population de *L. mittermeieri* dans la presqu'île d'Ampasindava semble moyennement dense (133 individus/km²; Tab. 2), par rapport aux densités de population de *L. ankaranensis* par exemple, qui varie de 150 à 550 individus/km² (Hawkins et al., 1990).

Tab. 2: Abondance de *L. mittermeieri* dans la péninsule d'Ampasindava.

Site	Effort total (km)	# obs	ESW (m)	Densité (ind/km ²)
Ambaliha	6,24	13		134
Ampopo	6	13		132
Ampasindava	12,24	30	11,35	133

Notes: # = nombre

Observations diurnes, type de dortoir

Lors des recherches de dortoirs, seulement trois individus ont été observés dont deux individus dans la forêt d'Ambaliha et un individu dans la forêt d'Ampopo. Ces trois individus se contentent de s'abriter dans des feuillages et des lianes. Ce type de dortoir pourrait être la cause du faible nombre d'observations diurnes car les *Lépilémons* sont généralement plus facile à observer quand ils dorment dans un trou d'arbre (T.N.R., J.S. et A.B., observations personnelles). La forêt ne semble présenter une faible quantité de trou dans les troncs d'arbres (T.N.R. et A.B., observations personnelles).



Fig. 2: Cette figure représente en 2a (left) un site de sciage du bois déjà hors d'usage et 2b (right) des porteurs de planches effectuant le trajet depuis la forêt vers le village.



Fig. 3: Cette figure illustre la pratique du «Tavy» dans la péninsule, en 3a (above) nous pouvons voir un «Tavy» récent avec les reste des troncs d'arbres encore ancrés dans le sol intercalés avec les jeunes plants de riz en train de pousser (au premier plan) dans le site d'Ampopo, la photo 3b (below) prise dans le site d'Ambaliha illustre l'effet des «Tavy» sur le paysage, créant cette mosaïque de forêts, savanes et zones en friche ou repousse une grande quantité de bambou (vert clair).

Menaces pesant sur *L. mittermeieri*

La vie de plupart des habitants dans la presqu'île environ au nombre de 18.000 (Van Heygen, 2004) dépend partiellement des ressources de la forêt et de la chasse. Les forêts sont très fragmentées et sévèrement dégradées par l'exploitation massive du bois d'œuvre, extraction de bois de construction (Fig. 2), la pratique de la culture sur brûlis «tavy» (Fig.

3) et la culture de caféier (T.N.R. et A.B., observations personnelles). Ces différents facteurs cumulatif sont la source de menace de l'habitat de *L. mittermeieri*.

Par ailleurs les lémuriens semblent aussi particulièrement menacés par la chasse pendant la saison de café car ils viennent manger les fruits dans leurs vergers (T.N.R. et A.B., discussions avec les villageois).

Remerciements

Nous remercions le CAFF/ CORE, la «Direction Générale de l'Environnement et des Forêts pour l'octroi de l'autorisation de recherche. L'Association Européenne pour l'Etude et la Conservation des Lémuriens (AEECL) pour son soutien financier au projet [en particulier P. Moisson]. Ce travail n'aurait été possible sans le soutien continu de la Faculté des Sciences de l'Université de Mahajanga et le Département de Biologie Animale et Ecologie, [en particulier Jonah Ramanantoanina], Le Maire d'Ambaliha, Jaonkasy et sa famille, Le chef Quartier d'Ampopo, Totozafy Celestin. Enfin nous remercions particulièrement les guides, les porteurs qui nous ont aidés au cours des travaux de terrain. L'analyse des données et la rédaction du manuscrit ont été rendus possibles par le soutien de la "Fundação para a Ciência e a Tecnologia" [FCT, ref. PTDC/BIA-BEC/100176/2008, et SFRH/BD/64875/2009], et The Rufford Small Grant for Nature Conservation [ref. 10941-1].

ciation Européenne pour l'Etude et la Conservation des Lémuriens (AEECL) pour son soutien financier au projet [en particulier P. Moisson]. Ce travail n'aurait été possible sans le soutien continu de la Faculté des Sciences de l'Université de Mahajanga et le Département de Biologie Animale et Ecologie, [en particulier Jonah Ramanantoanina], Le Maire d'Ambaliha, Jaonkasy et sa famille, Le chef Quartier d'Ampopo, Totozafy Celestin. Enfin nous remercions particulièrement les guides, les porteurs qui nous ont aidés au cours des travaux de terrain. L'analyse des données et la rédaction du manuscrit ont été rendus possibles par le soutien de la "Fundação para a Ciência e a Tecnologia" [FCT, ref. PTDC/BIA-BEC/100176/2008, et SFRH/BD/64875/2009], et The Rufford Small Grant for Nature Conservation [ref. 10941-1].

Bibliographies

- Buckland, S.T.; Anderson, D.R.; Burnham, K.P.; Laake, J.L.; Borchers, D.L.; Thomas, L. 2004. Advanced distance sampling: estimating abundance of biological populations. Oxford University Press Oxford.
- 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.
- Lacroix, A. 1902. Matériaux pour la minéralogie de Madagascar: les roches alcalines caractérisant la province pétrographique d'Ampasindava. Masson et cie.
- Meyler, S.V.; Salmons, J.; Ibouroy, 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.
- 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.
- Quémere, E.; Crouau-Roy, B.; Rabarivola, C.; Louis Jr, E.E.; Chikhi, L. 2010. Landscape genetics of an endangered lemur (*Propithecus tattersalli*) within its entire fragmented range. *Molecular Ecology* 19: 1606-1621.
- Rabarivola, C.; Zaramody, A.; Fausser, J.-L.; Andriaholinirina, N.; Roos, C.; Zinner, D.; Hauwy, M.; Rumpler, Y. 2006. Cytogenetic and molecular characteristics of a new species of sportive lemur from northern Madagascar. *Lemur News* 11: 45-49.
- Sabin, E.; Delarue, C.; Misandeau, C.; Besse, P.; Salmons, J.; Chikhi, L. 2013. Taille de la population d'*Avahi laniger* dans la réserve d'Ambodiriana-Manompana, nord-est de Madagascar. *Lemur News* 17: 70-72.
- Salmons, 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*.
- Schwitzer, C.; Mittermeier, R.A.; Davies, N.; Johnson, S.; Ratsimbazafy, J.; Razafindramanana, J.; Louis Jr, E.E.; Rajaobelina, S. 2013. Lemurs of Madagascar: a strategy for their conservation 2013-2016. Bristol, UK: IUCN SSC Primate Specialist Group Report, 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.
- Van Heygen, E. 2004. The genus *Phelsuma* (GRAY, 1825) on the Ampasindava peninsula, Madagascar. *Phelsuma* 12: 99-117.

Female dominance in *Propithecus coronatus* over the dry season in the dry forest of Antrema, northwest Madagascar

Patrick Tojotanjona Razanapary^{1*}, Claire Pichon², Lydia Rabetafika², Françoise Bayart², Jonah Ratsimbazafy³

¹Department of Animal Biology, University of Antananarivo, Antananarivo, Madagascar

²Museum National d'Histoire Naturelle, Paris, France

³Groupe d'Etude et de Recherche sur les Primates de Madagascar (GERP), Lot 34 Cité des Professeurs Fort Duchesne, Ankatso, Antananarivo 101, Madagascar

*Corresponding author: tojorazanapary@gmail.com

Keywords: crowned sifaka, female dominance, Antrema

Abstract

To date, female dominance in lemurs has been assumed the general rule though some authors find exceptions. One lemur species, the crowned sifaka (*Propithecus coronatus*), is poorly investigated in terms of social behavior and is threatened by habitat loss. We report in this paper results of investigations carried out over the dry season in fragmented dry forest at Antrema in northwestern Madagascar. Following recommended methods to measure dominance, we employed standard methods in behavioral observation (focal sampling with continuous recording of all occurrences) to record aggression and grooming behavior. We analyzed data using Ucinet 6.0, which transforms social matrices to figures that represent social networks, and performed χ^2 tests to compare dominance between sexes. Results confirmed *P. coronatus* females are dominant because female alphas existed in each group. Finally, each group was characterized by a unique social network throughout the dry season and dominance rank was not linear. Similar phenomenon has been reported in at least two well-known species in the genera *Propithecus* (*P. verreauxi* and *P. edwardsi*), in which long term data are available. An investigation of *P. coronatus* population genetics might complement these results and help guide conservation decision-making.

Mot clés: Propithecus couronné, femelle dominance, Antrema

Résumé

Actuellement, la modèle femelle dominance est considérée comme standard chez les lémuriens bien que des auteurs ont trouvé des cas inverses. D'investigation sur le comportement social d'une espèce moins étudié mais menacé par la perte de l'habitat, appelé *Propithecus coronatus* a été conduit. Le papier présent est le rapport de tous les résultats obtenu le long de la saison sèche dans la forêt sèche caducifoliée fragmentée d'Antrema, Nord-ouest de Madagascar. Les données sont obtenus en utilisant les méthodes standards pour l'enregistrement de comportement (focal sampling avec le continuous recording et all occurrence). Les agres-

sions et les toilettages unilatéraux qui sont recommandés, ont été employés pour discerner le rapport de dominance. L'analyse des données a été réalisé avec le program Ucinet 6.0 qui transforme le tableau matrice de dominance en des figures simple pour la lecture des résultats. Le test χ^2 a été également utilisé pour déterminer la dominance entre les deux sexes. Les résultats ont affirmés que la femelle est dominante chez *Propithecus coronatus*, femelle alpha existe dans chaque groupe: c'est la femelle reproductive. Finalement, le réseau social dans chaque groupe est propre a travers la période sèche et le rang de dominance est non linéaire pour cette espèce. Ces faits ont été reporté chez au moins deux espèces plus connus et dont les données long terme sont disponibles. Des investigations sur la génétique de population de cette espèce amélioreront les résultats de cette étude et offriront des nouvelles perspectives pour les prises de décision dans la conservation des primates.

Introduction

Among vertebrates, sexual dimorphism occurs when females and males differ in physical traits such as body size, color or teeth size. Generally, these asymmetries might affect social relationships in a group and advantaged individuals logically lead groups, are more aggressive, feed more and receive more grooming than other individuals (Zumpe and Michael, 1986; Pollock, 1979). Such individuals are generally qualified to be dominant individuals (Zumpe and Michael, 1986; Crook and Gartlan, 1966). This phenomenon has been recorded in mammals where males are frequently bigger than females (Clutton-Brock and Harvey, 1977; Smuts, 1987; Plavcan and van Schaik, 1992; Saunders et al., 2005).

In contrast, female dominance is considered rare in nature (Kappeler, 1993). However, authors have reported numerous cases of female dominance in social species that are not sexually dimorphic. Female dominance is present in non-primate mammals (East et al., 1993) and birds (Jolly and Spurr, 1996; Koren et al., 2006). It also occurs in primate species within the suborders haplorhines (Christen, 1974; Baldwin, 1992; Digby, 1995) and strepsirhines, especially in lemurs (Gould, 2003; Pollock, 1979; Overdoff, 1998; Kappeler, 1993; Rasamimanana, 2006; Sauther et al., 1993, 1999; Wright, 1999). Female dominance in lemurs is particularly accepted in terms of food priority or access to mates however Curtis and Zaramody (1999) failed to find evidence of female feeding priority. In addition a number of other authors have found that females are not always dominant in lemurs (Periera et al., 1990; Pereira and McGlynn, 1997; Ostner and Kappeler, 1999; Overdoff, 1993 and Sussman, 1999).

Hypotheses attempting to explain female dominance in lemurs are numerous and rooted in various parameters with the exception of genetic inheritance and lack of sexual dimorphism (Wright, 1999). One parameter often used to explain female dominance patterns is physiological condition, which posits that females spend more energy than males over the reproduction period and thus female dominance ensures access to sufficient resources (i.e. quality and quantity) for rapid growing embryos, lactation and other caretaking by mothers (Kersh, 2009). Comparatively, male investment is considered weaker because lemur mating periods are short (i.e. about three days; Wright, 1995) though male success in mating competition can be fairly large (Clutton-Brock and Vincent, 1991). Dominance may depend on aggression within individuals in relation to group size, which may change over time and other parameters (Kappeler, 1997).

Despite the above scenarios suggested by several studies (Pollock, 1979; Jolly, 1984; Kappeler, 1989; Pereira *et al.*, 1990; Rendall, 1993; Meyer *et al.*, 1999; Radespiel and Zimmermann, 2001), large variability in dominance exists in lemurs and requires additional research. Social behavior, and especially dominance relationships within groups, needs to be elucidated in threatened species that are not well understood to inform their conservation management. Accordingly, we conducted an investigation into female dominance in crowned sifaka (*P. coronatus*), which is endangered and endemic to northwestern Madagascar. Although this species was described in 1871 by Milne Edwards as a subspecies of *P. verreauxi* (*P. verreauxi coronatus*), it is now considered a separate species and life history data are still lacking. To address critical conservation situations in which many highly endemic species are not very well known and also threatened by development, global change or other anthropogenic causes, studies such as this are needed to provide a baseline understanding of species life history traits.

Materials and methods

Study site

This investigation was carried out at the Centre Biocultural d'Antrema field station, in a block of dry deciduous forest at an "new protected area" site (ANP) in Antrema, located at 15°45'S and 46°12'E, about 12 km from Katsepy in north-west Madagascar. The study site called Badrala is a primary forest bounded by the Mozambique Channel, huge savannas, grassland and sandy soil. North of the study site is a dead mangrove forest, destroyed most likely by a cyclone. The climate of this region is characterized by a hot wet season from November to late March and a cooler dry season from April to October. Phenological forest dynamics are seasonal; in the dry season trees shed their leaves and the new vegetation period starts shortly before the first rainfalls of the wet season. From 2009 to 2011, temperatures ranged between 24-29°C. Mean rainfall amounts to 119 mm. For a more detailed description of the site see Pichon *et al.* (2010); Ramanakirahina, unpublished data and Ramanamisata (2013).

Data collection

We followed adult and subadult individuals from both sexes in 4 groups (Tab. 1) from 06h00 to dusk at 18h00 over two periods during the dry season: April to early June 2011 and mid-June to September 2011. Groups were determined by their constituent individuals, which were identified by differences in pelage, facial markings and scars. The literature reports that alpha females give birth every two years in the genus *Propithecus* and males and females are not sexually dimorphic (Mittermeier *et al.*, 2006)

Tab. 1: Identity of each individual

SEX	FEMALES			MALES		
	A		J	A	SA	J
G5	F1			M1	M2	M3
G6	F1*	F2	J1	M1	M2	M3
G7	F1	F2	F3	J1	M1	M2
G8	F1*			M1		

A: Adult; SA: sub-adult; J: juveniles; Fi: female i; Mi: male i; *: giving birth; baby was born over the second period; Gi: group i

We used all occurrence sampling by Altman (1974) to collect data on aggression and methods by Vick and Pereira (1989) to collect grooming behavior data. We only considered aggressive behavior when an individual aggressed and provoked submissive behavior from another but not sub-

missive behavior caused by former experiences (i.e., in the absence of aggression within 5 min). For grooming behavior, we recorded unilateral or one-directional allogrooming. For each sample, we noted time and frequency of social behavior.

Data analysis

We used χ^2 to determine dominance within sex using data on unilateral aggression and grooming. In other words, we expected dominant females would be as aggressive as males and the rate of grooming would be equal between sexes. Using Ucinet software, we generated data on a matrix table for each period and for each group; dominance was determined by calculating the degree of a centrality measure or number indicating node of individual localization. The value corresponds to number of ties attributed to one individual. In our case, a tie is an aggression or grooming event. In other words, this process showed hierarchy and individual dominance rank in each group. We used Netdraw to visually represent dominance (Borgatti *et al.*, 2002).

Degree of individual was obtained by the following equation:

$$D_i = \sum_{ij} X_{ij}$$

Xj: number of ties sent or received by one individual i
Where the normalized degree is:

$$D_{ni} = \frac{D_i}{N-1}$$

N: number of individuals in the group

We calculated in-degree, which is the number of aggressions received by each individual. We also drew the size of shape or node in relation to value of degree, i.e., the shape of the node that represents an individual is as big as the value of degree increase. Concerning grooming, the size of an individual's shape corresponds to the number of grooming events that the individual received. A directed line linking individuals (node, shape) is as bold as the relations between these individuals are strong.

Results

Intersexual aggression

A total of 124 aggressions were recorded for both adults and subadults, 107 of which were directed by females and 27 by males toward all individuals within the group. Females engaged in more frequent aggression than males ($\chi^2 = 69.5$; $ddl = 1$; $p < 0.0001$) and for longer durations (825 seconds directed by females compared to 27 seconds by males; $\chi^2 = 973.3$; $ddl = 1$; $p < 0.001$).

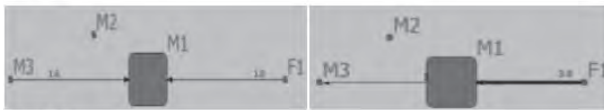
Social network and dominance rank within group by using aggression

Socials networks were variable in each group and for each period. Aggression involved all individuals. One female in each group, denoted as alpha female F1 seemed more aggressive according to the score of degree (Fig. 1). Rank of dominance was not linearly organized in either group. Relationships between individuals and dyad are different.

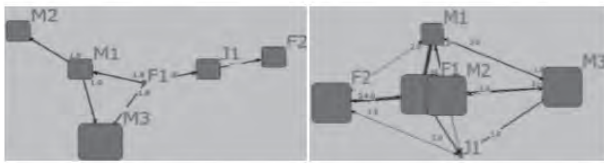
Grooming intersexual

We recorded a total of 193 grooming events directed by all individuals. Of the total recorded grooming events, females were groomed 155 times by males and males were groomed 38 times by females. Females were significantly more groomed by males than males groomed by females

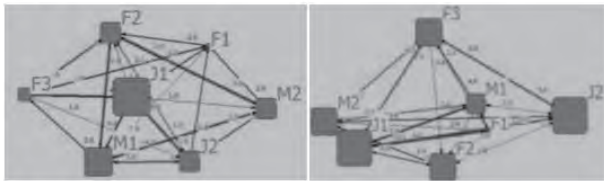
Group G5



Group G6



Group G7



Group G8



Fig. 1: Comparison of social network showing dominance in each group obtained by measures of aggression. Ji: juvenile i; Fi: female i; Mi: male i; right: period 1 occurred during the beginning of the dry season and left: period 2 occurred later in the dry season.

Social network and dominance rank within group by using grooming behavior

All individuals in each group participated in grooming behavior. Social networks vary in each group for each period. Relations between individuals or dyad are variable. F1 females were the most groomed in each group (Fig. 2). Social dominance rank after the alpha females was not linear and there was no evident pattern in dominance applicable for overall group dynamics after female alpha rank.

Discussion

This research used grooming (i.e., affiliate relationships) and aggressive behavior to determine hierarchy among sexes, within individuals and over two periods in the dry season for four groups of *P. coronatus*. Females chiefly won many aggressive encounters toward males. Concerning unidirectional grooming (allogrooming), females received more grooming than males. Our results support the generalized rule of dominance observed in lemurs. Indeed, an anterior study conducted at the same site also reported female dominance in *P. coronatus* (Ramanamiasata et al., 2013) though authors only used antagonistic relationships to determine hierarchy. Another investigation on social behavior of captive animals in a zoo in France (Moral, 2009) also supports female dominance in crowned sifaka. Concerning other species of sifaka, our results are also similar with studies of *P. edwardsi* (Wright, 1995) that occupy evergreen forest in Ranomafana and of *P. verreauxi* (Kubzdela et al., 1992; Richard, 1985) in a dry deciduous forest at Kirindy. Thus, female dominance might be the general pattern of sifaka society regardless of season, captivity or habitat. Consequently, female dominance seems independent of resource availability.

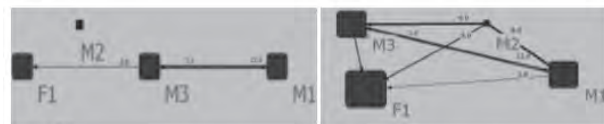
We also found that one female received more grooming, yet was more aggressive. Moreover, hierarchies between subordinate individuals were not linear. Though we do not have long-term data for each individual to statistically analyze non-linearity of dominance rank, studies in well-known species such as *P. edwardsi* support this finding (Wright, 1995). However, female lemurs spent considerable energy feeding during pregnancy and lactation. Demands of resource quality and quantity (availability) increased through gestation. On the other hand, energy required by males is weaker due to the short duration of mating seasons (Wright, 1999). Therefore, this difference in energy requirements between females and males may result in female dominance, and female reproductive success may be compromised if energy requirements are not met, which may be why one female in group G6 and G8 was dominant. How about the other two groups (G5 and G7) where there were no infants present and where female F1 was still dominant? Female aggressive behavior might be a function of age, in which young individuals are subordinate to older females (i.e., mother and her cohort) in the group. Additionally, young males and other individual subordinates may defer toward females who have the physical advantage of size, because fighting is costly in terms of energy and injury.

Considering that dominant females received the most frequent grooming in each group, grooming may be performed to reduce or avoid aggressive behavior from dominant individuals. Additionally, we found that subordinate subadults groomed mothers with infants, perhaps with the aim of interacting with the infant. It may be a strategy to handle infants and thereby contribute to indirect fitness, although further work would be needed to address this possibility.

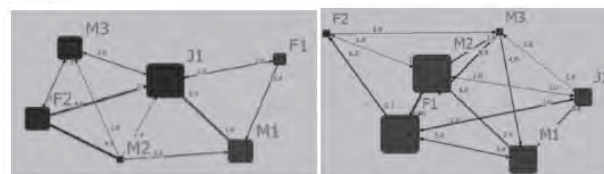
Conclusion

In conclusion, we found evidence of female dominance in *P. coronatus* by using aggression and grooming behavior in four

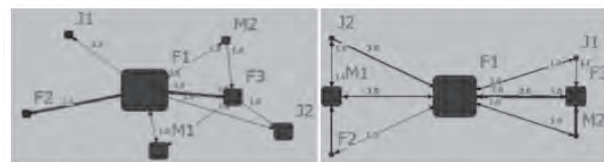
Group G5



Group G6



Group G7



Group G8



Fig. 2: Comparison of social network showing dominance in each group obtained by measures of grooming. Ji: juvenile i; Fi: female i; Mi: male i; right: period 1 occurred during the beginning of the dry season and left: period 2 occurred later in the dry season.

in the whole group over the dry season ($\chi^2 = 43.63$; $ddl = 1$; $p < 0.0001$). The total time spent for all groups in grooming was 6185 seconds over 684 hours of monitoring, in which females groomed 1129 seconds and males groomed 5064 seconds. Thus females received significantly more grooming than males ($\chi^2 = 1637.8$; $ddl = 1$; $p < 0.0001$).

groups at Antrema in northwest Madagascar. Nevertheless, long-term data is needed to enhance understanding of the social dynamics of this species and improve its conservation. In addition to behavioral observations, studies of genetics and hormones may help highlight social behavior in lemurs.

References

- Altmann, J. 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behavior* 49: 227-267.
- Baldwin, J. 1992. Determinants of aggression in squirrel monkeys (*Samir*). Pp. 74-95. In: J. Silverberg; J.P. Gray (eds.). *Aggression and peacefulness in humans and other primates*. New York: Oxford University Press.
- Borgatti, S.P.; Everett, M.G.; Freeman, L.C. 2002. *Ucinet 6 for Windows*. Harvard: Analytic Technologies.
- Christen, A. 1974. Reproductive biology and behavior of *Cebuella pygmaea* and *Tamarin tamarin*. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 14: 1-80.
- Clutton-Brock, T.H.; Harvey, P.H. 1977. Primate ecology and social organization. *Journal of Zoology* 183: 1-39.
- Clutton-Brock, T.H.; Vincent, A.C.J. 1991. Sexual selection and the potential reproductive rates of males and females. *Nature* 351: 58-60.
- Clutton-Brock, T.H.; Harvey, P.H.; Rudder, B. 1977. Sexual dimorphism, sociomonic sex-ratio and body-weight in primates. *Nature* 269: 797-800.
- East, M.L.; Hofer, H.; Wickler, W. 1993. The erect penis is a flag of submission in a female-dominated society greetings in Serengeti spotted hyenas. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 33: 355-370.
- Gould, L.; Sussman, R.W.; Sauther, M.L. 2003. Demographic and life-history patterns in a population of ring-tailed lemurs (*Lemur catta*) at Beza Mahafaly Reserve, Madagascar: a 15-year perspective. *American Journal of Physical Anthropology* 120: 182-194.
- Hemingway, C.A. 1995. Feeding and reproductive strategies of the Milne-Edward's Sifaka, *Propithecus diadema edwardsi*, Ph. D. Duke University, Durham, NC.
- Hrdy, S.B. 1979. Infanticide among mammals: a review, classification and examination of the implications for reproductive strategies of females. *Ethology and Sociobiology* 1: 13-40.
- Jolly, S.E.; Spurr, E.B. 1996. Effect of ovariectomy on the social status of brushtail possums (*Trichosurus vulpecula*) in captivity. *New Zealand Journal of Zoology* 23: 27-31.
- Kappeler, P.M. 1993. Variation in social structure: the effects of sex and kinship on social interactions in three lemur species. *Ethology* 93: 125-145.
- Kappeler, P.M. 1993. Sexual selection and lemur social systems. Pp. 223-240. In: P.M. Kappeler; J.U. Ganzhorn (eds.). *Lemur social systems and their ecological basis*. New York: Plenum.
- Kersh, K. 2009. Allomothering and allonursing behavior in collared lemurs (*Eulemur collaris*). *Lemur News* 14: 52-53.
- Koren, L.; Mokady, O.; Geffen, E. 2006. Elevated testosterone levels and social ranks in female rock hyrax. *Hormones and Behavior* 49: 470-477.
- Kubzdela, K.S.; Richard, A.D.; Pereira, M.E. 1992. Social relations in semi-free-ranging sifakas (*Propithecus verreauxi coquereli*) and the question of female dominance. *American Journal of Primatology* 28: 139-145.
- Mittermeier, R.; Konstan, W.; Hawkins, E.; Langrand, O.; Ratsimbazafy, J.; Rasoloarison, J. 2006. *Lemurs of Madagascar*. Conservation International. Washington: D.C.
- Ostner, J.; Kappeler, P.M. 1999. Central males instead of multiple pairs in red fronted lemurs, *Eulemur fulvus rufus* (Primates, Lemuridae)? *Animal Behaviour* 58(10): 69-78.
- Overdorff, D.J. 1993. Similarities, differences, and seasonal patterns in the diets of *Eulemur rubriventer* and *Eulemur fulvus rufus* in the Ranomafana National Park, Madagascar. *International Journal of Primatology* 14: 721-753.
- Overdorff, D.J. 1998. Are *Eulemur* species pair-bonded? Social organization and mating strategies in *Eulemur fulvus rufus* from 1988-1995 in southeast Madagascar. *American Journal of Physical Anthropology* 105: 153-66.
- Pereira, M.E.; Kaufmann, R.; Kappeler, P.M.; Overdorff, D.J. 1990. Female dominance does not characterize all of the Lemuridae. *Folia Primatologica* 55: 96-103.
- Pereira, M.E.; McGlynn, C.A. 1997. Special relationships instead of female dominance for red fronted lemurs, *Eulemur fulvus fulvus*. *American Journal of Primatology* 43: 239-58.
- Plavcan, J.M.; van Schaik, C.P. 1992. Intrasexual competition and canine dimorphism in anthropoid primates. *American Journal of Physical Anthropology* 87: 461-77.
- Pollock, J.I. 1979. Female dominance in *Indri indri*. *Folia Primatologica* (Basel) 31: 143-164.
- Richard, A.F.; Nicoll, M.E. 1987. Female social dominance and basal metabolism in a Malagasy primate, *Propithecus verreauxi*. *American Journal of Primatology* 12: 309-314.
- Saunders, F.C.; McElligott, A.G.; Safi, K.; Hayden, T.J. 2005. Mating tactics of male feral goats (*Capra hircus*): risks and benefits. *Acta Ethologica* 8: 103-10.
- Sauther, M.L.; Sussman, R.W.; Gould, L. 1999. The socioecology of the ringtailed lemur: thirty-five years of research. *Evolutionary Anthropology* 8: 120-132.
- Sauther, M.L. 1993. Resource competition in wild populations of ringtailed lemurs (*Lemur catta*): implications for female dominance. Pp. 135-152. In: P.M. Kappeler; J.U. Ganzhorn (eds.). *Lemur social systems and their ecological basis*. New York: Plenum.
- Smuts, B.B. 1987. Sexual competition and mate choice. Pp. 385-99. In: B.B. Smuts; D.L. Cheney; R.M. Seyfarth; R.W. Wrangham; T.T. Struhsaker (eds.). *Primate societies*. Chicago: University of Chicago Press.
- Sussman, R.W. 1999. *Primate ecology and social structure*. Vol. 1. *Lorises, lemurs and tarsiers*. Needham Heights: Pearson Custom Publishing.
- Van Schaik, C.P.; Kappeler, P.M. 1993. Life history, activity period, and lemur social systems. Pp. 241-260. In: P.M. Kappeler; J.U. Ganzhorn (eds.). *Lemur social systems and their ecological basis*. New York: Plenum.
- Vick, L.G.; Pereira, M.E. 1989. Episodic targeting aggression and the histories of lemur social groups. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 24: 265-276.
- Wright, P.C. 1993. The evolution of female dominance and biparental care among non-human primates. Pp. 127-147. In: B. Miller (ed.). *Sex and gender hierarchies*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wright, P.C. 1995. Demography and life history of free ranging *Propithecus diadema edwardsi* in Ranomafana National Park, Madagascar. *International Journal of Primatology* 16: 835-854.
- Wright, P.C. 1999. Lemur traits and Madagascar ecology: coping with an island environment. *Yearbook of Physical Anthropology* 42: 31-72.
- Zumpe, D.; Michael, R.P. 1986. Dominance index: a simple measure of relative dominance status in primates. *American Journal of Primatology* 10: 291-300.

A search for the missing sportive lemurs of Nosy Komba, northwest Madagascar

Sam Hyde Roberts^{1*}, Charlotte Daly¹

¹Frontier, The Society for Environmental Exploration, 50-52 Rivington Street, London, EC2A 3QP, UK

*Corresponding author: samhyderoberts@gmail.com

Historical reports indicate that nocturnal lemurs existed on Nosy Komba well into the modern era, however the last officially confirmed sighting of a living sportive lemur on the island was made sometime during the late 1990's (Mittermeier *et al.*, 2008). Since the controversial taxonomic revisions of the northern *Lepilemur* complexes in 2006 and 2007 (Andriaholinirina *et al.*, 2006; Louis *et al.*, 2006; Craul *et al.*, 2007; Zinner *et al.*, 2007; Tattersall, 2007; Markolf *et al.*, 2011), and the resulting expansion of species within the family *Lepilemur*, we felt that this enigmatic species warranted further investigation. It remains unclear which species of sportive lemur originally inhabited the island and furthermore, it remains uncertain whether or not any sportive lemurs still persist there today. Inquiry into their possible decline or local extinction on Nosy Komba seemed long overdue.

The principal aim of our investigation concerned the pursuit of evidence that would either confirm the continued presence of sportive lemurs on the island, or would further reduce the likelihood of their persistence. Given the irrefutable taxonomic placing of the island's leading candidate

Lepilemur species (*Lepilemur tymerlachsoni*, formerly *Lepilemur tymerlachsonorum* on Nosy Be and *Lepilemur dorsalis* on the adjacent mainland), our investigation aimed to recover viable genetic evidence to establish positive species identification for Nosy Komba, or at least to provide conclusive photographic evidence that a *Lepilemur* species still inhabits the island. Confirmation that any sportive lemur species remains on Nosy Komba would be significant, yet the presence of *L. tymerlachsoni* would be particularly salient. This little known species has recently had its IUCN conservation status reassigned from Data Deficient (since 2008) to Critically Endangered (2014; Andriaholinirina *et al.*, 2014) and is currently known only from a single location, the Lokobe region of Nosy Be (Louis *et al.*, 2006).

Three separate expeditions to the island were made between June and September 2013, with the vast majority of the island being explored and carefully surveyed. Each trip lasted a total of three full days, with active searches being undertaken during both the day and night. Searches were however deliberately focused to include the first few hours of darkness each night, as previous work with *L. tymerlachsoni* on Nosy Be has shown an apparent spike in activity around this time (Hyde Roberts and Daly, 2014 unpublished). Unfortunately however, over the course of the investigation no positive observations were recorded, and despite many hours of surveying, we obtained no credible evidence to indicate that sportive lemurs remain on the island.

During our three survey expeditions, the entire range of habitats found on the island (established secondary forest, degraded arboretum, established bamboo forest, banana, sugar and coffee plantations and also human settlement) were carefully surveyed (Sutherland, 2006), checking all potential nesting or resting structures and set to record any visual observations or communicative calls. During each visit our group also interviewed a cross section of the island's population to gather information alluding to recent sightings, potential habitats, attitudes towards the lemurs and the possible causes for their disappearance. To avoid any confusion and misunderstanding, both photographs and video footage were shown to each interviewee and questions were directed and translated by our guide Edmond Randriamalala.

Feedback from our interviews proved widely variable on the whole, yet ultimately provided no fruitful leads in our search for tangible evidence. A total of 26 people were interviewed during our three expeditions, with the majority of individuals (15 or 57.69%) believing that sportive lemurs no longer inhabited the island but had done so in the past. Seven people (26.92%) believed the lemurs to still be present on the island whilst the remaining four (15.38%) had no knowledge of the lemurs having ever existed on the island. Interestingly, three individuals claimed to have seen a nocturnal lemur within the past two years, whilst another reported an unconfirmed sighting within the past twelve months. One interviewee claimed that nocturnal lemurs still occupy the bamboo forests that cloak the island's summit, an area we repeatedly searched unsuccessfully.

It is important to note that of the 26 people that were interviewed, 18 (69.23%) were individuals based at the lower reaches of the island and who rarely travel into the forests, particularly at night. It is likely that most of these people had some association with the tourism industry, yet most were not aware of the nocturnal lemurs' existence on the island. In contrast, almost all of the forest guides that we interviewed claimed to know the location of sportive lemurs, and accounted for the majority of the most recent sightings. However, these accounts are probably unreliable, and pos-

sibly motivated by an economic agenda, yet our group did pursue all reported recent sightings to no avail.

More convincing statements were obtained by those people who live in semi-isolation near the top of the island, in the small villages on or near the plateau. These individuals are most likely to encounter nocturnal lemurs in their day-to-day lives and spend more time working and travelling within the forest, yet even these people rarely enter the forest at night. One elder whom we interviewed claimed he had last seen a nocturnal lemur around 12 years ago, whilst others confirmed the previous existence of a healthy population of nocturnal lemurs on the island's summit. Here, the consensus was that these animals had been severely affected by past forest fires and deforestation related to agriculture, however there were reluctant suggestions made that hunting may have also played a role. Whilst it is important to remain sceptical when confronted with such accounts, it is certainly plausible that hunting has contributed to the apparent local extinction of the sportive lemur on Nosy Komba.

Although the consumption of bush meat is taboo (*Fady*) on the island and is discouraged, it is known to occur (O. Rasamimahavonjy, pers. comm.), although to what extent is unknown. The hunting of forest animals for meat is a widespread and major problem facing conservation work in Madagascar today and is thought to be on the increase (Golden, 2009; Jenkins *et al.*, 2011; Razafimanahaka *et al.*, 2012). It is possible that a nocturnal species, which has little tourist value in comparison to the island's larger black lemur (*Eulemur macaco macaco*), would make a likely target for bush meat. A recent report has shown that on nearby Nosy Be, *L. tymerlachsoni* are experiencing unsustainable levels of hunting (Andriaholinirina *et al.*, 2014), supporting the theory that sportive lemurs are regularly consumed in this region.

In conclusion, our investigation found no definitive evidence for the persistence of a nocturnal lemur species on Nosy Komba, suggesting that any historical species here is now extinct. Although the cause for their disappearance remains unexplained, it appears likely to have been a combination of factors which are currently affecting sportive lemur populations elsewhere; namely habitat destruction, slash and burn agriculture (*tavy*) (Fig. 1), illegal logging and unsustainable hunting for bush meat. Whilst larger sportive lemur populations elsewhere are declining rapidly (Andriaholinirina *et al.*, 2014), it appears that the restricted nature of the sportive lemur population on



Fig. 1: Slash and burn (*tavy*) forest clearance in practice (Am-balahonko - Nosy Be, NW Madagascar). Photo: C. Daly.

Nosy Komba, due to the island's small size, may have resulted in their abbreviated existence.

There remains however a small possibility that a very small number of sportive lemurs persist on the island and that our expeditions produced a false negative. If this is the case, then this cryptic and nocturnal lemur almost certainly exists in a genetically non-viable population and must be considered at least threatened. However, our lack of observations, particularly auditory, is compelling. Detecting communicative calls is an important surveying tool, particularly in the case of nocturnal and secretive species such as *Lepilemur* (Mendez Cardenas *et al.*, 2008) and has been successfully employed as a non-invasive method of surveying cryptic and nocturnal primates previously (Zimmermann *et al.*, 2000; Rasoloharijaona *et al.*, 2006). On Nosy Be, the forests at night are characterised by the loud and carrying screams and shrieks of *L. tymerlachsoni*, yet the forests of Nosy Komba are eerily silent. One credible testimony given by a wildlife photographer, who has lived on the island for several years, disclosed that she has never seen nor heard a sportive lemur on Nosy Komba, despite being familiar with the calls elsewhere (C. Bermester, pers. comm.), reinforcing the legitimacy of our observation.

Intriguingly, there remains enough suitable habitat on the island, particularly near the summit, to support a substantial sportive lemur population. This supports a theory that habitat loss and agricultural practices alone would be unlikely to drive a population to extinction, and indicates that some other factor must have played a significant role in the animals' disappearance from the island. Although accounts of illegal hunting are unsubstantiated, it appears likely that this may have been a key factor in the decline, although disease, inbreeding and the effects of genetic drift cannot be discounted. Understanding the reasons behind the disappearance of sportive lemurs on Nosy Komba is of crucial importance, as it could ultimately help to secure the futures of closely related species on the mainland and on Nosy Be.

The large amount of suitable habitat remaining on Nosy Komba provides huge potential for a positive outcome for the island. If the species were to be re-discovered, then active management and careful conservation could help recover the species towards a sustainable population, enhancing the island's eco-tourism trade. However, if they are categorically declared extinct on Nosy Komba, then the island could serve as a future reservoir for introduced *L. tymerlachsoni* or *L. dorsalis*. Nosy Komba would then again merit its name, 'Lemur Island'. Before any such introductions are conceivable, however, the major causes behind the lemur's disappearance must be fully understood to provide mitigation measures safeguarding against a repeat outcome. It is our opinion that Nosy Komba should have nocturnal lemurs, and that they undoubtedly contribute a significant value to the natural ecology of the now highly threatened Sambirano forests. Whatever the future holds for sportive lemurs on Nosy Komba, their tale should serve as a warning of just how rapidly a seemingly robust and adaptable species such as the sportive lemur can vanish almost without a trace.

Acknowledgments

Thank you to all of the staff and volunteers who participated in these expeditions and particularly to our local guide and translator Edmond Randriamalala, who was invaluable throughout.

References

Andriaholinirina, N.; Baden, A.; Blanco, M.; Chikhi, L.; Cooke, A.; Davies, N.; Dolch, R.; Donati, G.; Ganzhorn, J.; Golden, C.;

Groeneveld, L.F.; Hapke, A.; Irwin, M.; Johnson, S.; Kappeler, P.; King, T.; Lewis, R.; Louis, E.E.; Markolf, M.; Mass, V.; Mittermeier, R.A.; Nichols, R.; Patel, E.; Rabrivola, C.J.; Raharivololona, B.; Rajaobelina, S.; Rakotoarisoa, G.; Rakotomanga, B.; Rakotonanahary, J.; Rakotondrainibe, H.; Rakotondratsimba, G.; Rakotondratsimba, M.; Rakotonirina, L.; Ralainasolo, F.B.; Ralison, J.; Ramahaleo, T.; Ranaivoaisoa, J.F.; Randrianahaleo, S.I.; Randrianambinina, B.; Randrianarimanana, L.; Randrianasolo, H.; Randriatahina, G.; Rasamimanana, H.; Rasolofoharivelo, T.; Rasoloharijaona, S.; Rateloahy, F.; Ratsimbazafy, J.; Ratsimbazafy, N.; Razafindraibe, H.; Razafindramanana, J.; Rowe, N.; Salmona, J.; Seiler, M.; Volampeno, S.; Wright, P.; Yousouf, J.; Zaonarivelo, J.; Zaramody, A. 2014. *Lepilemur tymerlachsoni* in IUCN 2014. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.1. www.iucnredlist.org. Downloaded on 18-05-2014.

Andriaholinirina, N.; Fausser, J.L.; Roos, C.; Zinner, D.; Thalmann, U.; Rabarivola, C.; Ravoarimanana, I.; Ganzhorn, J.U.; Meier, B.; Hilgartner, R.; Walter, L.; Zaramody, A.; Langer, C.; Hahn, T.; Zimmermann, E.; Radespiel, U.; Craul, M.; Tomiuk, J.; Tattersall, I.; Rumpel, Y. 2006. Molecular phylogeny and taxonomic revision of the sportive lemurs (*Lepilemur*, Primates). *BMC Evolutionary Biology* 6(1): 17.

Craul, M.; Zimmermann, E.; Rasoloharijaona, S.; Randrianambinina, B.; Radespiel, U. 2007. Unexpected species diversity of Malagasy primates (*Lepilemur* spp.) in the same biogeographical zone: a morphological and molecular approach with the description of two new species. *BMC Evolutionary Biology* 7(1): 83.

Garbutt, N. 2007. Guide to the mammals of Madagascar. Christopher Helm Publishers.

Golden, C.D. 2009. Bushmeat hunting and use in the Makira Forest, northeastern Madagascar: a conservation and livelihoods issue. *Fauna and Flora International. Oryx* 43: 386-392.

Hoffmann, M. 2008. *Lepilemur tymerlachsonorum*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. www.iucnredlist.org. Downloaded on 17-05-2014.

Jenkins, R.K.B.; Keane, A.; Rakotoarivelo, A.R.; Rakotomboavonjy, V.; Randrianandrianina, F.H. 2011. Analysis of patterns of bush meat consumption reveals extensive exploitation of protected species in eastern Madagascar. *PLoS ONE* 6: 12.

Louis, Jr E.E.; Engberg, S.E.; Lei, R.; Geng, H.; Sommer, J.A.; Randrianampianana, R.; Randrianamanana, J.C.; Zaonarivelo, J.R.; Andriantompohavana, R.; Randria, G.; Ramaromilanto, B.; Rakotoarisoa, G.; Rooney, A.; Brennen, R.A. 2006. Molecular and morphological analyses of the sportive lemurs (family Megaladapidae: genus *Lepilemur*) reveals 11 previously unrecognised species. Special Publication. Museum of Texas Tech University.

Markolf, M.; Brameier, M.; Kappeler, P.M. 2011. On species delimitation: yet another lemur species or just genetic variation? *BMC Evolutionary Biology* 11: 216.

Mendez-Cardenas, M.; Randrianambinina, B.; Rabesandratana, A.; Rasoloharijaona, S.; Zimmermann, E. 2008. Geographical variation in loud calls of sportive lemurs (*Lepilemur* spp.) and their implications for conservation. *American Journal of Primatology* 70(9): 828-838.

Mittermeier, R.A.; Louis, Jr E.E.; Richardson, M.; Schwitzer, C.; Langrand, O.; Rylands, A.B.; Hawkins, F.; Rajaobelina, S.; Ratsimbazafy, J.; Rasoloarison, R.; Roos, C.; Kappeler, P.M. 2010. Lemurs of Madagascar: third edition. Conservation International – Tropical Field Guide Series.

Mittermeier, R.A.; Ganzhorn, J.U.; Konstant, W.R.; Glander, K.; Tattersall, I.; Groves, C.P.; Rylands, A.B.; Hapke, A.; Ratsimbazafy, J.; Mayor, M.I.; Louis, Jr E.E.; Rumpel, Y.; Schwitzer, C.; Rasoloarison, R.M. 2008. Lemur diversity in Madagascar. *International Journal of Primatology* 29: 1607-1656.

Rabarivola, C.; Zaramody, A.; Fausser, J.L.; Andriaholinirina, N.; Roos, C.; Zinner, D.; Marcel, H.; Rumpel, Y. 2006. Cytogenetic and molecular characteristics of a new species of sportive lemur from northern Madagascar. *Lemur News* 11: 45-49.

Razafimanahaka, J.H.; Jenkins, R.K.B.; Andriafidison, D.; Randrianandrianina, F.; Rakotomboavonjy, V.; Keane, A.; Jones, J.P.G. 2012. Novel approach for quantifying illegal bushmeat consumption reveals high consumption of protected species in Madagascar. *Oryx* 46(4): 584-592.

Sutherland, W.J. 2006. Ecological census techniques - a handbook: second edition. Cambridge University Press.

Tattersall, I. 2007. Madagascar's lemurs: cryptic diversity of taxonomic inflation. *Evolutionary Anthropology* 16: 12-23.

Zinner, D.; Roos, C.; Fausser, J.L.; Groves, C.P.; Rumpel, Y. 2007. Disrupted taxonomy: classification of sportive lemurs (*Lepilemur*) in NW Madagascar. *Lemur News* 12: 53-56.

Daraina sportive lemur (*Lepilemur milanoii*) density and population size estimates in most of its distribution range: the Loky-Manambato region

Jordi Salmons^{1#*}, Tantely Ralantoharijaona^{2#}, Ibouroli Mohamed Thani^{1,2,5}, Ando Rakotonanahary², Radavison Zaranaina², Fabien Jan¹, Emmanuel Rasolondraibe², Mélanie Barnavon¹, Angelika Beck¹, Sébastien Wohlhauser³, Patrick Ranirison³, John Rigobert Zanonarivelo⁴, Clément Rabarivola², Lounès Chikhi^{1,4,5*}

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

²Université de Mahajanga, Faculté des Sciences, BP 652, 401 Mahajanga, Madagascar

³ONG FANAMBY, Lot II K 39 bis, Ankadivato, 101 Antananarivo, Madagascar

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

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

⁶Université de Toulouse; UMR 5174 EDB, F-31062 Toulouse, France

#shared first authors

*Corresponding authors: jordi.salmons@gmail.com, chikhi@igc.gulbenkian.pt

Key words: *Lepilemur milanoii*, population density, distance sampling, Loky-Manambato

Abstract

The population of the Daraina sportive lemur (*Lepilemur milanoii*) is believed to be mostly confined to the Loky-Manambato region (Louis *et al.*, 2006). Very little is known about *L. milanoii* and it is classified as “Data Deficient” by the IUCN (IUCN, 2013; Schwitzer *et al.*, 2013). Despite the management of the area by the NGO Fanamby since 2005, no study had been conducted to determine the presence and the abundance of *L. milanoii* in the main forest fragments of the region. During the 2011 dry season we surveyed the ten main forest fragments of the Loky-Manambato region and estimated *L. milanoii* densities and population sizes using line transect distance sampling (Buckland, 2001) and the DISTANCE software (Thomas *et al.*, 2010). The results suggest that sportive lemur densities are reasonably high in the region, but with important discrepancies between forest fragments, with densities ranging from 49.8 ind./km² in Antsaharaingy to 590.5 ind./km² in Ampondrabe. For the region Loky-Manambato we were able to estimate a population size of ~52,000 individuals. This is the first estimate for the total population size and we argue that similar studies should be repeated to monitor environmental changes and anthropogenic pressures (hunting, deforestation, mining, etc.).

Mots clés: *Lepilemur milanoii*, densité de population, distance sampling, Loky-Manambato

Résumé

Le lémurien *Lepilemur milanoii* est une espèce, dont on pense qu'elle est essentiellement présente dans la région Loky-Manambato (Louis *et al.*, 2006). C'est une espèce sur laquelle on possède très peu d'informations. En conséquence, *L. milanoii* est actuellement classé dans la catégo-

rie «Data Deficient» (données insuffisantes) par l'IUCN (IUCN, 2013; Schwitzer *et al.*, 2013). Malgré la mise en gestion des forêts de cette région par l'ONG Fanamby depuis 2005, aucune étude n'avait encore été menée dans les fragments forestiers de la région pour déterminer la présence et quantifier la taille des populations de *Lepilemur*. Nous avons visité les dix principaux fragments forestiers de la région durant la saison sèche de 2011. Nous avons estimé les densités et tailles des populations de *L. milanoii* en utilisant la méthode de «line transect distance sampling» (Buckland, 2001) et le logiciel DISTANCE (Thomas *et al.*, 2010). Les résultats suggèrent que les densités de *Lepilemur* sont relativement élevées dans la région, mais avec de fortes différences entre fragments forestiers, allant 49.8 ind./km² à Antsaharaingy, à 590.5 ind./km² à Ampondrabe. Pour la région Loky-Manambato nos estimations suggèrent que la population pourrait compter 52,000 individus. Il s'agit de la première estimation de la taille globale de la population de cette espèce et nous pensons qu'il serait nécessaire de refaire des études similaires afin de mieux évaluer les effets des changements environnementaux et d'origine anthropique (chasse, déforestation, exploitation minière, etc.).

Introduction

The Daraina sportive lemur (*L. milanoii*) is a nocturnal lemur of the Lepilemuridae family. Its distribution range is thought to be mostly limited to the Loky-Manambato (Daraina) region in northern Madagascar (Louis *et al.*, 2006) even though these authors have also identified individuals living in sympatry with *L. ankaranensis* in the Andrafiarena forest. Till now neither its complete distribution range, nor its biology have been described. This lack of information is partly due to the remoteness of the region and to the nocturnal activity of the species. Despite its known distribution range being now protected, forest managers and scientists that visited these areas first focused their attention on the diurnal vertebrates (Quéméré *et al.*, 2010a, 2010b; Rakotonandravony, 2009, 2006), on rodents (Rakotoarisoa *et al.*, 2010, 2013) and on the vegetation cover (Nusbaumer *et al.*, 2010; Ranirison *et al.*, 2010). Moreover, the Daraina sportive lemur is increasingly threatened by hunting, as the members of the family Lepilemuridae are usually easy to hunt during the day while they are sleeping in their tree holes. It is in this context that it seemed urgent to obtain basic data on their distribution and abundance. We present here the result of an extensive survey of the Loky-Manambato region, providing *L. milanoii* (i) presence data, (ii) density and (iii) population size estimates.

Methods

Study site

The Loky-Manambato region in northern Madagascar is known to host the golden-crowned sifaka (*Propithecus tattersalli*). This eco-region is delimited by the Loky river in the north, the Manambato River in the south and the Indian ocean on the East (Fig. 1). The region is crossed by the river Manankolana known to be a partial barrier for dispersal of *P. tattersalli* (Quéméré *et al.*, 2010b). The region covers 4 municipalities (Daraina, Ampisikina, Maromokotro and Nosibe), and belongs to the “sous-préfecture” of Vohémar in the Diego-Suarez province. The region is located at 12°45'S and 13°20'S latitude and 49°25'E and 49°55'E longitude (Ranirison, 2006). The ten major forest fragments of this region (Fig. 1) are mainly composed of dry deciduous vegetation. However, some mountainous forests harbor transition and humid evergreen vegetation (i.e. Binara and Antsahabe in

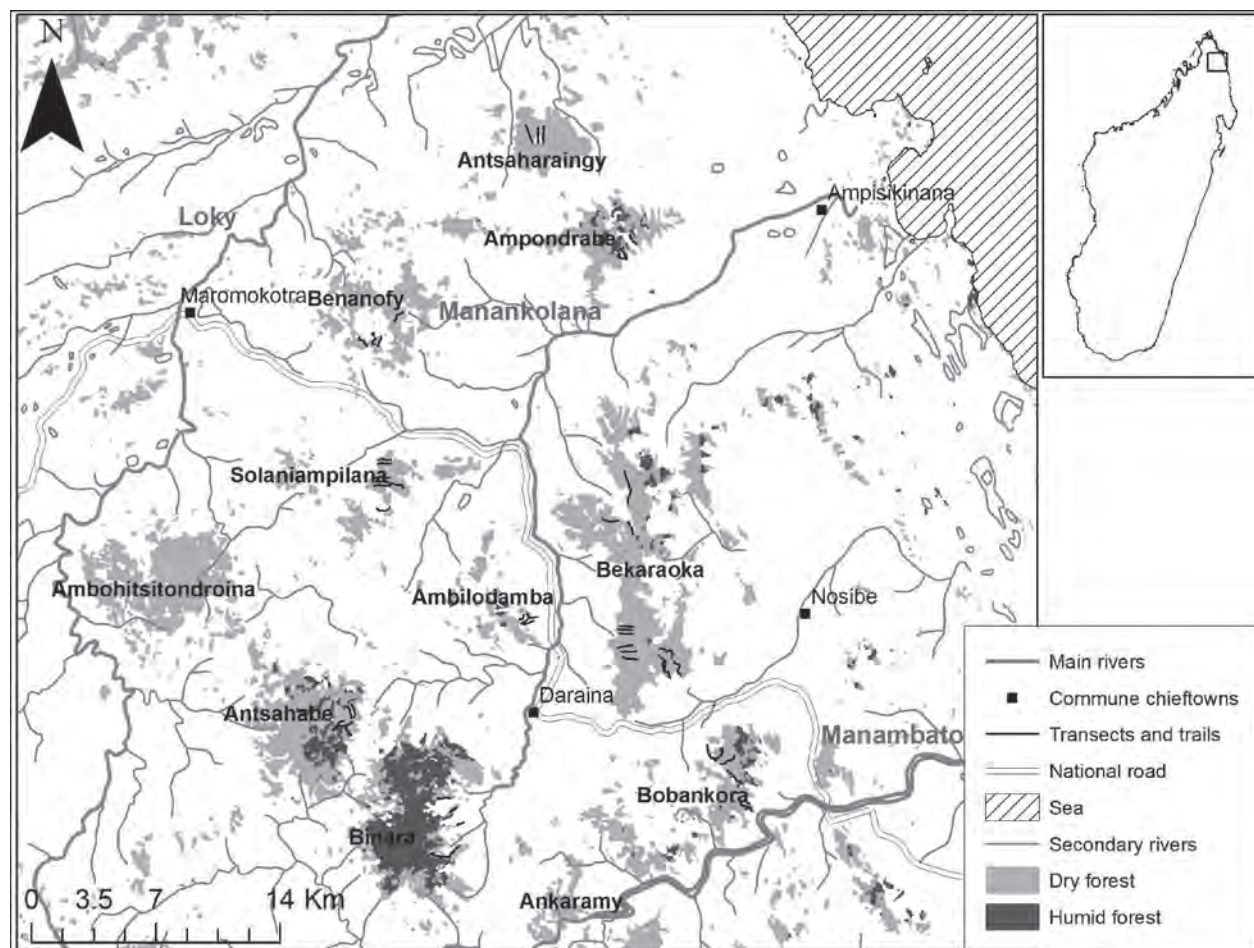


Fig. 1: Map of the Loky-Manambato region.

the south-west). Since 2005 the region is managed by the NGO Fanamby and classified as SFUM (Station Forestière à Usage Multiples, Multiple Uses Forest Station).

Density and population size estimates

To estimate population densities we conducted nocturnal line transect distance sampling survey (Buckland, 2001; Meyler *et al.*, 2012; Salmons *et al.*, 2013) commonly used for forest dwelling primates (Buckland *et al.*, 2010) and particularly well adapted for sportive lemurs (Meyler *et al.*, 2012). Each transect and trail marked by flags every 20 meter was surveyed two to four times by a two-member team walking slowly (at ~0.5 km/h) between 18:30 and 21:30. Every day one member from each group would change team, therefore reducing observational biases among observers (Buckland, 2001). Lemurs were located with the help of headlamps. A powerful hand torch was used to confirm the sighted species. Number of individuals, GPS position and estimated perpendicular distance and time of sighting were recorded. Safety concerns related to walking in uneven terrain at night prevented the use of tape measures to precisely measure perpendicular distances. To ensure accuracy and consistency in measurements and between observers, all observers underwent a distance estimates training session with measured distances before participating in the survey.

Obtained field data was analyzed using conventional distance sampling (Buckland, 2001; Kun-Rodrigues *et al.*, 2014) implemented in the Distance software (Thomas *et al.*, 2010). This approach explicitly models the decreasing probability of observing an animal as its distance from the transect increases. Various functions can be used to model this prob-

ability and estimate the effective strip width (ESW). Here we tested the uniform, hazard rate, half normal and negative exponential detection function and compared them using the Akaike Information Criterion (AIC). To avoid difficulties in fitting the tail of the detection function, we truncated the largest 5% of the data (Buckland, 2001).

We estimated population size by multiplying the density considered with the total surface of each corresponding forest fragment. Dry and humid forest were taken in account, using forest layers from the Madagascar Vegetation Mapping Project (Moat and Smith, 2007), available at http://www.kew.org/gis/projects/mad_veg/datasets.html. The global population size estimate, at the Loky-Manambato region scale takes in account all forests between the two rivers (Loky and Manambato), not only the ten main forest fragments visited.

Results and discussion

Our work first shows that all visited forest fragments from the Loky-Manambato region do host sportive lemurs, despite the important vegetation diversity amongst forests (Ranirison, 2006).

A total of 52 line transects of ~1 km were surveyed from April to November 2011 and 510 observations were recorded (Tab. I) for a total ~142km of survey efforts in 9 of the 10 major forest fragments of the Loky-Manambato region (Tab. I). Four of the nine forests surveyed with distance sampling (Ampondrabe, Bekaraoka, Bobankora and Solaniampilana) had enough sportive lemur sighting ($N \geq 40$), to accurately model independent detection functions. For the five other forests (Tab. I), we used the generic

Tab. 1: Sportive lemur densities and population sizes in the Loky-Manambato region.

Forest frag- ment	Type	Loc	# Tr	Total effort (km)	# obs	ESW **	Density (D)			Forest area (km²)	Population size (A)		
							95% CI				95% CI		
							D	Lower	Upper		A	Lower	Upper
Ambilondambo	D	L	3	2	4	11.0	63.0	8	479	8.30	523	69	3,974
Ambohitsiton- droina	D	L			Pres- ent		*			38.32	6,019	4,579	7,913
Ampondrabe	D/T	L	3	7	91	10.1	590.5	125	2,789	22.76	13,440	2,845	63,484
Antsahabe	T/H	L	5	16	26	11.0	69.9	24	200	36.94	2,581	899	7,406
Antsaharaingy	D	L	3	7	9	11.0	49.8	3	847	13.66	680	40	11,567
Bekaraoka	D/T	R	15	48	215	12.1	183.5	147	229	62.48	11,466	9,173	14,334
Benanofy	D	L	4	17	21	11.0	58.1	12	271	25.17	1,463	314	6,826
Binara	T/H	L	4	6	26	11.0	170.3	23	1,277	45.64	7,772	1,036	58,291
Bobankora	T/H	R	8	25	53	11.6	90.3	55	148	16.04	1,449	886	2,370
Solaniampilana	D	L	7	14	65	12.2	186.2	110	314	22.23	4,139	2,452	6,987
Loky-Manam- bato region			52	142	510	11.0	157.1	119	207	334.78	52,588	40,003	69,133

Type: forest type (D: dry forest, T: transition forest, H: humid forest); Loc: location on the right (R) or left (L) side of the Manankolana river (see map); #: number of; Tr: transects and trails; obs: observations; ESW: effective strip width; CI: confidence interval; *: Ambohitsitondroina population size was estimated using the average sportive lemur density of the Loky-Manambato region; **: bold ESW indicates that the number of observations in the considered fragment was not high enough to accurately estimate the ESW, the average ESW of the region was thus considered to estimate the density in these cases.

ESW estimated at the Loky-Manambato regional scale. The “hazard rate” detection function was the best fitting model (using AIC) for the full data set (all forests pooled together) and for most of the forests with more than 40 observations when analyzed separately. This detection function has also been identified as best fitting the data in previous density studies performed in different regions and on other lemur species (Kun-Rodrigues *et al.*, 2014; Quéméré *et al.*, 2010a; Salmona *et al.*, 2013). Surprisingly it was not the best-fitting function in the latest (and only) study on sportive lemur densities conducted in the region (Meyler *et al.*, 2012). This detection function difference is probably due to the amount of data collected and the number of forest fragments surveyed (nine in our study vs two in Meyler *et al.*, 2012). The large amount of data analyzed in our study suggests that the hazard rate function might be the one best fitting sportive lemur density data in the Loky-Manambato region and for the *Lepilemur* genera in northern Madagascar (unpublished preliminary data). The density discrepancies between the results from our study and the previous study on *L. milanoii* (Meyler *et al.*, 2012) may mostly be due to the difference in model choice. These discrepancies highlight the importance of (i) being cautious when choosing a model and (ii) of having a large enough data set when choosing a model.

Densities across all forests show high discrepancies, ranging from ~40ind/km² in Ambilondambo, to ~590ind/km² in Ampondrabe. No clear pattern seems to emerge from the comparison between transition/humid (Binara, Antsahabe, Bobankora) and drier forests (all other forest fragments; Fig. 1, Tab. 1) suggesting that a rough forest classification cannot simply explain sportive lemur density in the region. The comparison of forests located on the right (Bekaraoka and Bobankora) and left side (all other forests) of the Manankolana River (Fig. 1, Tab. 1) does not either seem to show any simple pattern explaining the distribution of densities. More complex or refined analyses are required to better understand the probable landscape features driving the density diversity in the region.

In the northern region of Madagascar, the numbers we obtain are not unexpected. For example the Ankarana sportive lemur (*L. ankaranensis*) densities ranges from ~34ind/km² to ~564ind/km² in the Ankarana National Park and Analamerana Special Reserve (Hawkins *et al.*, 1990). Nevertheless, these density results are rather high when compared to the low densities (9.9ind/km²) reported for *L. microdon* in Vo-

hibola in eastern Madagascar (Lehman *et al.*, 2005) or for *L. sahalazensis* (7-23ind/km²) in the Sahamalaza peninsula, in northwestern Madagascar (Seiler *et al.*, 2013).

The relatively high density observed in the region leads to high population size estimates for the Daraina sportive lemur (Tab. 1). The regional estimate of 52,000 (Tab. 1) is good news when compared, for example, to the population size of 18,000 estimated for the golden crowned sifaka (*Propithecus tattersalli*) which almost shares the same distribution range as the Daraina sportive lemur. Moreover, most forest fragments harbor populations whose sizes are above 1,000, thus comforting us about their potential viability. Nevertheless these numbers show large confidence intervals and should be taken with caution. On the one hand, our estimate does not take into account the forest cover between the Loky and Andrafiomena, an area that was reported to host both Ankarana and Milanoii sportive lemurs (Louis *et al.*, 2006). On the other hand our regional estimate takes into account the regional forest cover (between the Loky and the Manambato River) including small forest fragments that might not be large enough to host sportive lemur populations.

As mentioned in the introduction, sportive lemurs are very easy to hunt diurnally while they are resting in tree holes. Sportive lemurs are part of the bushmeat frequently eaten by locals in other regions (Jenkins *et al.*, 2011), and in some of the visited forest fragments we observed poaching of sportive lemurs (e.g. in Solaniampilana). This potential hunting pressure should be taken seriously, particularly in areas with gold and rock mining activities. Moreover, despite the management of the region by the NGO Fanamby since 2005, forest degradation by logging, mining activities and slash and burn agriculture is still ongoing. Despite the fact that these degradations may occur at lower rates than in unprotected forests (personal observations that would need to be validated) and that the region has suffered lower rates of deforestation than most other regions in the last 50 years (Quéméré *et al.*, 2012), the combined effect of poaching, selective logging and deforestation, could have disastrous middle term effects on the sportive lemur populations. In fact it would be important to determine whether the differences in *Lepilemur* densities observed in Daraina are not due to the history of poaching, since we found no simple environmental correlate. If that was the case, the situation would be more worrying than it seems. It would therefore be important to repeat this kind

of study in this region and extend it over other neighboring regions for comparative purposes, and to identify the effect of environmental degradation, deforestation, and hunting, among other changes.

Preliminary results from this study were used during the International Union for Conservation of Nature (IUCN) Species Survival Commission (SSC) Lemur Red List reassessment meeting in Antananarivo in 2012, to help updating the conservation status of *L. milanoi* from "Data Deficient" to "Endangered" (Schwitzer *et al.*, 2013, 2014). This update and density estimates contrast with the situation of *Microcebus tavaratra* in the Loky-Manambato region (Salmona *et al.*, 2014).

Acknowledgments

We thank the "Direction Générale de l'Environnement et des Forêts", the CAFF/CORE, and Fanamby for giving us permission to conduct this study. The fieldwork was possible thanks to the continuous support of the University of Mahajanga, of the Doyen de la Faculté des Sciences, and of the Chef de Département de Biologie Animale (DBAE) of the University of Mahajanga, et the University of Antsirana, and the Fanamby NGO [in particular, S. Rajaobelina, and S. Velomora]. Moreover, we thank all the staff, guides and cooks of Fanamby and of Daraina [particularly Amidou, Rostand, Amadou, Nicole and Fatomia] for their continuous help in Daraina and in the forests. JS was funded by Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) grant SFRH/BD/64875/2009. LC was founded by the Groupement de Recherche International (GDRI), FCT grant PTDC/BIA-BEC/100176/2008, and PTDC/BIA-BIC/4476/2012 and by the "Laboratoire d'Excellence (LABEX)" entitled TULIP (ANR-10-LABX-41). Part of the analysis work was made possible thanks to the 2012 field and analysis courses funded by the Rufford Small Grant Foundation, grant 10941-1.

References

- 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.
- IUCN, 2013. IUCN red list of threatened species. <http://www.iucnredlist.org/>
- Jenkins, R.K.B.; Keane, A.; Rakotoarivelo, A.R.; Rakotomboavonjy, V.; Randrianandrianina, F.H.; Razafimanahaka, H.J.; Ralaivimalala, S.R.; Jones, J.P.G. 2011. Analysis of patterns of bushmeat consumption reveals extensive exploitation of protected species in eastern Madagascar. *PLoS One* 6: e27570.
- 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.
- Lehman, S.M.; Rajaonson, A.; Day, S. 2005. Composition of the lemur community in the Vohibola III classified forest, SE Madagascar. *Lemur News* 10: 16-19.
- Louis, E.E.; Engberg, S.E.; Lei, R.; Geng, H.; Sommer, J.A.; Randriamampionona, R.; *et al.*, 2006. Molecular and morphological analyses of the sportive lemurs (Family Megaladapidae: Genus *Lepilemur*) reveals 11 previously unrecognized species. *Special Publications of the Museum of Texas Tech University*, 49: 1-47.
- Meyler, S.V.; Salmona, J.; Ibouroy, 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.
- 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.; Amelot, X.; Pierson, J.; Crouau-Roy, B.; Chikhi, L. 2012. Genetic data suggest a natural prehuman origin of open habitats in northern Madagascar and question the deforestation narrative in this region. Proceedings of the National Academy of Sciences 109(32): 13028-13033.
- 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.; Rakotonanahary, A.; Ibouroy, M.T.; Zaranaina, R.; Ralantoharijaona, T.; Jan, F.; Rasolondraibe, E.; Barnavon, M.; Beck, A.; Wohlhauser, S.; Ranirison, P.; Zaonarivelo, J.R.; Rabarivola, C.; Chikhi, L. n.d. Estimation des densités et tailles de population du Microcèbe Roux du Nord de (*Microcebus tavaratra*) dans la région Loky-Manambato (Daraina). *Lemur News* 18: this issue.
- 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*).
- 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.
- Seiler, M.; Holderied, M.; Schwitzer, C. 2013. Vegetation structure of forest fragments in the southern Sambirano domain, northwest Madagascar. *Lemur News* 17: 57-63.
- 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.

An extensive case of allonursing in wild ringtailed lemurs (*Lemur catta*)

Anna Viktoria Schnoell^{1,2*}

¹Behavioral Ecology & Sociobiology Unit, German Primate Center, Kellnerweg 4, 37077 Göttingen, Germany

²Courant Research Center “Evolution of Social Behavior”, University of Göttingen, Germany

*Corresponding author: aschnoell@dpz.eu

Raising young is an energetically costly challenge for parents (Jennions and MacDonald, 1994). Alloparenting, defined as “the care provided for conspecific young by individuals other than the genetic parents” (Tecot *et al.*, 2012), can help to reduce these costs (Gray, 1985; Gould, 1992). Although alloparenting is advantageous for parents, it imposes costs on the helpers. One explanation why individuals other than the parents would participate in infant care is kin selection (Hamilton, 1964): the caretaker increases its inclusive fitness by helping to raise related offspring. Kin selection seems to play a major role especially in species with delayed dispersal and breeding in hostile habitats, unavailability of mates and/or lack of resources (Tecot *et al.*, 2012). Another explanation for engaging in alloparenting behaviour is that helpers might learn how to take care of babies, which could play an important role for young females before they start reproducing themselves (Hrdy, 1976). Alloparenting has been reported in 35% of primate species (Hrdy, 2010). Allonursing, the previsioning with milk, is the most extreme and the most costly form of alloparenting and therefore rarely observed (Packer *et al.*, 1992); it has been documented so far only in 12% of primate species (Hrdy, 2010; also see Packer *et al.*, 1992). The ringtailed lemur (*Lemur catta*) is a strictly seasonal breeder, with gestation occurring in the dry season and lactation in the wet season (Wilson *et al.*, 2010). Infant mortality is mostly due to predation, diseases, accidents and maternal neglect (Jolly, 1972; Wilson *et al.*, 2010). Alloparenting is a regularly observed phenomenon in ringtailed lemurs (Jolly, 1966; Gould, 1992; Wilson *et al.*, 2010). There are even observations of females that lost their babies to kidnapping or adopting babies of other mothers (Gould, 2000; Koyama *et al.*, 2001). However, there are only few documentations of allonursing in this species. In captivity, a case was described in which an unrelated female started to show alloparental behaviour when a female of the group gave birth to twins. The unrelated female carried the babies from time to time and presumably started to lactate spontaneously (Pereira and Izard, 1989). Here, I report an observation of two females taking care of a one-week-old infant in a wild group of ringtailed lemurs. The helper was the daughter of the infant’s mother. Although other group members also showed some alloparenting behaviour, the helper did not only groom and clean the infant, but also nursed it.

Methods

I conducted observational and experimental work on a group of ringtailed lemurs (*Lemur catta*; group C1, group size = 11 individuals) in Berenty Private Reserve, when I observed that two females shared one of the newly-born infants. Since alloparenting is a rarely observed behaviour, I decided to do continuous focal observations on this infant over three subsequent days, from 22.09.2011 until 24.09.2011. The infant was born on 13.09.2011 and 9 days old when the observations started. I observed the infant for 6.5 hours per day, between 7:00 to 10:30 and 14:00 to 17:00 h. The two main caretakers for the infant were its mother FRA and a young adult female named MAR. FRA is an old

multiparous female and was in relatively bad physical condition after birth; she was skinny and had thin and patchy fur. MAR (infant’s sister) is the daughter of FRA. In 2011, she was a nulliparous young female. Although she did not carry an infant, I cannot exclude the possibility that she was pregnant and lost her infant at birth, as ringtailed lemur females tend to start reproducing at an age of 3 to 4 years in Berenty Private Reserve (S. Ichino, personal comment). One additional adult female, OLI (infant’s aunt), also provided infant care. This female was the sister of FRA and carried an approximately one-week old infant herself.

Tab. 1: Definitions of behaviours performed in the interaction between group members and a one-week old infant

Behaviour	Definition	Measurement
Carrying	The infant is carried on the body while the caretaker is moving or resting.	Duration
Nipple contact	The infant has a nipple of the caretaker in it’s mouth; it was not possible to assert if the infant is actually drinking milk all the time.	Duration
Cleaning	The caretaker licks the infant’s after and the region around the after.	Duration
Grooming	The caretaker licks with tongue and strokes with the toothcomb through the infant’s fur for at least three times.	Duration
Playing	The infant climbs and/or jumps quickly from one individual to another and vice versa; occurred when the caretaker was resting in body contact with other group members.	Duration
Transfer	The infant climbs from one caretaker to another one while the two are in body contact. For the transfer one caretaker approaches the other caretaker.	Frequency
“Greeting”	Briefly licking the infant’s face. Usually touching the infant one or two time with the tongue.	Frequency
Distress call	Definition Macedonia 1993	Frequency

To examine how much effort each female invested in infant care, I observed how much time the females spent carrying the infant, cleaning and grooming it, playing with it and how much time the infant was nursed by each female (Tab. 1). To assess the average duration the infant stayed with each female, I included only observations during which I could determine the exact start and end time of a given stay at a caretaker. I also recorded the time the mother was present within a 1m radius while the sister carried the infant. I counted all approaches (A) and departures (D) by the infant’s mother (M) towards the infant’s sister (S) and by the sister towards the mother while the infant was carried by the sister and calculated an index to estimate which caretaker is responsible for maintaining the proximity ($\text{Index} = \frac{A_M}{(A_M + A_S)} - \frac{D_M}{(D_M + D_S)}$; -1.0 = proximity is maintained by the sister; 0 = proximity is equally maintained by the mother and the sister; $+1.0$ = proximity is maintained by the mother; Martin and Bateson, 2007). I also counted the number and direction of transfers from one caretaker to another. Additionally, I noted the number of greetings the infant received by others. The infant produced two main kinds of vocalisations: a comfort call, which was uttered while being groomed and a distress call, which expressed some kind of discomfort (Jolly, 1966; Macedonia, 1993). Because the distress call might be used as a signal to communicate a desired transfer to another caretaker, I noted the exact time of each call.

Results

The mother carried the infant for 78.3% (15.27 hours) while the sister carried the infant for 19.7% (3.8 hours) of the total

observation time. In the remaining 0.02% (0.40 hours) the infant spent playing and therefore climbing and jumping on the bodies of its caretakers. The infant stayed on average for 60.4 minutes on its mother and 20.5 minutes on its sister before a transfer occurred. Over the three days of observation, I observed a total of 27 transfers between the two main caretakers: 14 transfers from the sister to the mother and 13 from the mother to the sister. Therefore, transfers occurred on average 1.4 times per hour. The mother was present in 31.1% of the time when the infant was carried by its sister. The mother and the sister were equally responsible for maintaining the proximity while the sister was carrying the infant (mother's responsibility of proximity = 0.09). Despite carrying the infant, nipple contact was a behaviour that was exclusively performed by the two main caretakers (Tab. 2). The infant had nipple contact with the mother on average for 3.5±0.7 h (mean ± SD) per observational day and with the sister for 1.0±0.3 h.

Tab. 2: Some behaviour patterns in the infant care of a one-week old infant were only performed by a small subset of caretakers, whereas other behaviour patterns were performed by all caretakers.

	Mother	Sister	Aunt	Other individuals
Carrying				
Nipple contact				
Cleaning				
Grooming				

All three females performed cleaning behaviour. The mother cleaned the infant on average for 3.5±1.1 minutes per day, the sister for 2.7±2.2 min and the aunt for 0.4±0.4 min. The sister performed most of the grooming of the infant. She groomed it on average for 9.1±5.6 min (mean ± SD) per day. The aunt spent on average 8.5±0.5 min per day grooming the infant and the mother only 5.5±3.5 min (mean ± SD) per day. Three additional group members groomed the infant as well over the three days: ELV (juvenile related male) groomed it in total for 0.9 min, VIV (adult unrelated female) for 0.4 min and AKU (young unrelated male) for 0.02 min. Overall, the mother and the sister were the main caretakers of the infant: the mother of the infant conducted 72.5% of the infant care and the sister took care of the 21.6% (Fig. 1). The sister performed 44.4% of the greeting behaviour (n=99), the mother 37.4%, the aunt 16.2% and the unrelated female VIV 0.02%. The infant called on average 2.1 times per hour (n=41 calls). 34.1% of these distress calls were produced within 10 min before a transfer. The average time span between the last call before a transfer and the actual transfer was 4.6±9.3 min (n=16). The infant emitted three calls while it was entangled in a forked branch, probably to call for help. One time it emitted a call and seemed to search for milk (infant released the nipple and was moving its head and body along the chest of the caretaker). For 48.8% of the calls I could not identify any connection to a particular behaviour. Although this study was only carried out for a short time, I want to note that the two main caretakers started to take care of the infant together from birth on and continued to do so after the presented observations ended.

Discussion

In wild ringtailed lemurs it has been described that a variety of group members in addition to the mother can participate in infant care (Gould, 1992). It has even been reported in

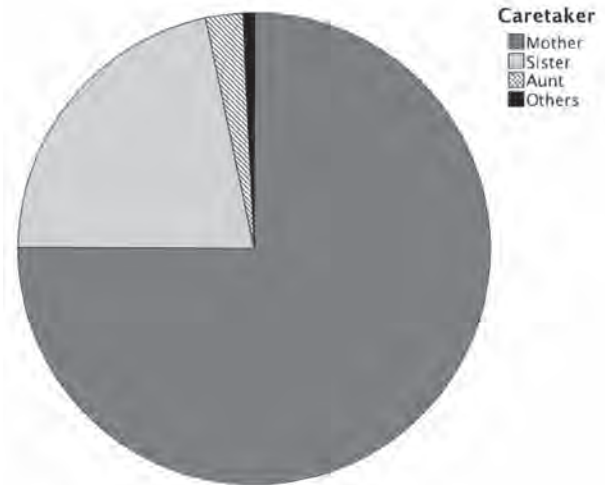


Fig. 1: Proportion of participation in the overall care for a one-week old infant.

the wild that females other than the mother would nurse an infant, but only rarely and for short periods, with a maximum duration of less than 5 minutes per nursing incident (Gould, 2000). Here I reported an extreme case of alloparenting in a group of ring-tailed lemurs, in which the second main caretaker, the infant's sister, engaged in allonursing for 1 hour per day. Although a meta-analysis across strepsirrhines could not find a general effect of alloparenting on infant survival (Tecot *et al.*, 2013), it seems that in the described case alloparenting behaviour might have increased the survival probability of the infant. The mother of the infant was in relatively bad shape after birth and probably was not able to fulfil the nutritional needs of her infant. The mother's indifference might also be the reason why the infant uttered distress calls quite often, which are normally described to occur when the infant is isolated from its mother, receives aggression from an unfamiliar individual or is captured by a predator (Macedonia, 1993). Interestingly however, these distress calls might be used by the infant also as a signal for a desired transfer to another caretaker as the calls seem to sometimes precede a transfer between the two caretakers. Allonursing is a rare behaviour in ringtailed lemurs, probably because lactation is costly and can lead to higher mortality rates in females (Clutton-Brock *et al.*, 1989). Especially in ringtailed lemurs as the lactation period lies in the dry season in which food is scarce (Wilson, 2010). One reason why the infant's sister might have engaged nonetheless in costly allonursing might be that she could increase her indirect fitness by raising her sibling, because she did not carry an infant herself. Moreover, the alloparenting gave her an opportunity to learn how to handle and to take care of infants. The infant's sister was a close kin to the mother as well as to the infant. Although ringtailed lemurs have strict and relatively stable dominance relations among females, we find more tolerance and friendly interactions between related individuals (Sauther *et al.*, 1999), which facilitates close contact with infants of kin. Therefore, kinship seems to be an important factor facilitating the occurrence of allonursing in wild ringtailed lemurs (also see: Packer *et al.*, 1992; Eberle and Kappeler, 2006).

Acknowledgements

Many thanks to Claudia Fichtel and Peter Kappeler for comments on this manuscript, to Sinchiro Ichino for advice in the field, and to the family de Heaulme for giving me the opportunity to work in Berenty Private Reserve.

References

- Clutton-Brock, T.H.; Albon, S.D.; Guinness, F.E. 1989. Fitness costs of gestation and lactation in wild mammals. *Nature* 337: 260-262.
- Eberle, M.; Kappeler, P.M. 2006. Family insurance: kin selection and cooperative breeding in a solitary primate (*Microcebus murinus*). *Behavioural Ecology and Sociobiology* 60: 582-588.
- Gould, L. 1992. Alloparental care in free-ranging *Lemur catta* at Berenty Reserve, Madagascar. *Folia Primatologica* 58: 72-83.
- Gould, L. 2000. Adoption of a wild orphaned ringtailed lemur infant by natal group members: adaptive explanations. *Primates* 41: 413-419.
- Gray, J. P. 1985. *Primate Sociobiology*. New Haven: HRAF Press.
- Hamilton, W.D. 1964. The genetical evolution of social behaviour. I, II. *Journal of Theoretical Biology* 7: 1-52.
- Hrdy, S.B. 1976. Care and exploitation of non-human primate infants by conspecifics other than the mother. *Advances in the Study of Behavior* 6: 101-150.
- Hrdy, S.B. 2010. Estimating the prevalence of shared care and cooperative breeding in the Order Primates, an appendix to mothers and others: the evolutionary origins of human understanding (2009). Available at <http://www.citrona.com/hrdy/documents/Appendixla.pdf>. Accessed 01 July 2013.
- Jennions, M.D.; MacDonald, D.W. 1994. Cooperative breeding in mammals. *Trends in Ecology and Evolution* 9: 89-93.
- Jolly, A. 1966. *Lemur behaviour*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Jolly, A. 1972. Troop continuity and troop spacing in *Propithecus verreauxii* and *Lemur catta* at Berenty (Madagascar). *Folia Primatologica* 17: 335-362.
- Koyama, N.; Nakamichi, M.; Oda, R.; Miyamoto, N.; Takahata, Y. 2001. A ten-year summary of reproductive parameters of ringtailed lemurs at Berenty, Madagascar. *Primates* 42: 1-14.
- Martin, P.; Bateson, P. 2007. *Measuring Behaviour - an introductory guide*. Third edition. Pp. 130-131. The Cambridge University Press, Cambridge.
- Macedonia, J.M. 1993. The vocal repertoire of the ringtailed lemur (*Lemur catta*). *Folia Primatologica* 61: 186-217.
- Packer, C.; Lewis, S.; Pusey, A. 1992. A comparative analysis of non-offspring nursing. *Animal Behaviour* 43: 265-281.
- Pereira, M.E.; Izard, M.K. 1989. Lactation and care for unrelated infants in forest-living ringtailed lemur. *American Journal of Primatology* 18: 101-108.
- Sauther, M.L.; Sussman R.W.; Gould L. 1999. The socioecology of the ringtailed lemur: thirty-five years of research. *Evolutionary Anthropology* 8: 120-132.
- Tecot, S.R.; Baden, A.L.; Romine, N.K.; Kamilar, J.M. 2012. Infant parking and nesting, not allomaternal care, influence Malagasy primate life histories. *Behavioural Ecology and Sociobiology* 66: 1375-1386.
- Wilson, D.E.; Hanlon, E. 2010. *Lemur catta* (Primates: Lemnidae). *Mammalia Species* 42: 58-74.

Rapid assessment of lemur species in Anabohazo Forest, Sahamalaza – Iles Radama National Park

Guy Randriatahina¹, Fano Ratsoavina², Sylviane Volampeno^{2*}, Christoph Schwitzer³

¹AEEL (Association Européenne pour l'Etude et la Conservation des Lémurins), Lot IVH 169 N, Ambohimanan-dray, Ambohimanan-drina, Antananarivo 101, Madagascar

²Association Mikajy Natiara, Antananarivo, Madagascar

³Bristol Zoological Society, c/o Bristol Zoo Gardens, Clifton, Bristol, BS8 3HA, UK

*Corresponding author: svolampeno@yahoo.fr

Keywords: Anabohazo Forest, lemur, Madagascar, Sahamalaza – Iles Radama National Park

The Sahamalaza-Iles Radama National Park (SIRNP), located in northwestern Madagascar (NW), is the main habitat of the blue-eyed black lemur (*Eulemur flavifrons*). This species is listed among the world's 25 most endangered primates

since 2008 and classified as Critically Endangered according to the IUCN Red list. The SIRNP forest is fragmented, and comprises a series of forest blocks including Ankarafa, Anabohazo and Analavory. These forest blocks consist of small fragments isolated or connected by corridors. Because of the presence of a research camp established by the AEEL in the forest block of Ankarafa, the majority of the studies on lemurs and other fauna have been conducted in this forest. Due to a lack of infrastructure, the forest block of Anabohazo is often overlooked by researchers. From 27 September-7 October 2014, we carried out a rapid assessment of lemur species in the forest block of Anabohazo (14°22'49"S 47°54'07"E) over a period of 10 days. Anabohazo is the largest forest block of the park, situated in the NW of NPSIR, and covers an area of 5275 ha. The objective was to identify lemur species present in this forest and to determine the feasibility of setting up a research camp there. The presence of a research camp is to allow for the control of human pressures within the park.



Fig. 1: Location of the Sahamalaza-Iles Radama National Park, NW Madagascar, with the arrow indicating the Anabohazo forest block.

Methodology

Line transects were used to assess the presence of lemur species. Four transects of 1.5 and 2km were established. The observations took place during the following times: 06h00-11h30, 14h00-17h00 and 18h00-22h00. The observation speed was 1 km per hour with regularly stops for a few minutes to increase the likelihood of species detection. During the observations we noted (1) time of day, (2) encountered species, (3) number of individuals, (4) activity and (5) distance from the transect. Each trail was visited 24 times during the 10 days of observations.

We used Sherman traps to capture *Microcebus*. For each captured animal, body measurements were taken, and afterwards they were released at the place where they were trapped.

Results

Five lemur species were recorded during the study: one diurnal species (*E. flavifrons*) and four nocturnal species (*Mirza zaza*, *Lepilemur sahamalazensis*, *Cheirogaleus medius* and *Microcebus* spp). Seven *E. flavifrons* groups were recorded in this block. Group sizes ranged from 3-8 individuals. Individuals appeared highly stressed by the presence of humans. *Mirza zaza* was observed only during nocturnal

observations; at least five individuals were encountered at each observation.

L. sahamalazensis was observed in tree cavities during the day and foraging in the forest canopy at night. Twenty-seven (27) individuals were observed, including 18 individuals observed during night observations and 9 during day observations.

C. medius was difficult to observe, and only five individuals were counted throughout the 10-day period.

Microcebus species were encountered (Fig. 2). Only four individuals, including 1 adult female and 3 adult males were observed. Morphometric data and coat color obtained from these individuals suggest they are *M. sambiranensis* (Tab. 1). This species is only found on the edge of the forest and in the former “tavy” reforested region (Fig. 3).

Tab. 1: Comparison of morphological parameters between *Microcebus sambiranensis* and *Microcebus* individuals trapped in the Anabohazo forest block, NW Madagascar.

Species	Length of head-body (mm)	Length of the tail (mm)	Weight (g)
<i>Microcebus sambiranensis</i> (Rasoloarison et al., 2000)	110.00 -120.00	130.50 – 40.50	38-50
<i>Microcebus</i> spp. in Anabohazo (n = 4)	114.76-134.43	127.85-135.20	50

Discussion

Five species of lemurs were identified, four nocturnal and one diurnal species. These were 27 *Lepilemur sahamalazensis*, 5 *Cheirogaleus medius*, 45 *Mirza zaza* and 4 *Microcebus sambiranensis*. *Eulemur flavifrons* were the only diurnal species and could not be counted as they were very shy. The forest of Anabohazo houses large lemurs compared to the forest of Ankarafa.

The distressed behaviors shown by *E. flavifrons* toward humans suggest that they are likely hunted. Selective logging is very common in the forest block of Anabohazo in addition to hunting of lemurs and birds for food (pers. obs.). During the observation we heard a group of people cutting trees in the forest. In addition, an old animal trap was found on the ground, with hair belonging to a female *E. flavifrons*.

Four lemur species found in Anabohazo (*E. flavifrons*, *M. zaza*, *L. sahamalazensis* and *C. medius*) were all present in the forest block of Ankarafa, which lies 40 km from the Anabohazo plot.

The morphological measurements of the *Microcebus* spp. suggest *M. sambiranensis*, and we await genetic confirmation. Randriatahina and Rabarivola (2004) noted the presence of *Microcebus* in the forest of Ankarafa. However, Olivieri et al., (2007) did not find any *Microcebus* in this forest.

The discovery of *Microcebus* in the forest of Anabohazo is novel. The species was encountered only in the forest edge, not in the forest core. The distribution of *M. sambiranensis* is in NW Madagascar; it extends into the special reserve of Manongarivo, between the Andranomalaza and Sambirano rivers (Mittermeier et al., 2010). It has been reported that some isolated populations of *M. sambiranensis* also occur in the Ampasindava Peninsula and the Tsaratanana Massif (Randrianambinina et al., 2003; Louis et al., 2008). It might be possible that the geographic distribution of this species extends to the Sahamalaza-Iles Radama National Park (part of the Sambirano region, hence *sambiranensis*). *M. sambiranensis* is classified as an endangered species according to the Red List of IUCN due to the destruction of its habitat for slash and burn crops and collection of firewood (Mittermeier et al., 2010).



Fig. 2: *Microcebus* spp. (Photo by G. Randriatahina).



Fig. 3: *Microcebus* habitat (Photo by G. Randriatahina)

The discovery of *Microcebus* spp. increased the number of lemur species known to occur in the Sahamalaza Iles Radama National Park. Further studies on these species are necessary as little is known about their behavioral ecology. It is noted that Sahamalaza is also among the 30 priority sites for conservation of lemurs (Schwitzer et al., 2013). The construction of a research camp in the forest of Anabohazo, such as the one established by the AEECL in the forest of Ankarafa, is imperative. It will allow for long-term studies to (a) understand present levels of biodiversity, (b) identify threats to the fragile forest systems and (c) determine ways to regulate, monitor and ultimately reduce human pressures on the forest.

Acknowledgments

We are grateful to the AEECL for logistical support, the MNP for the research permit. Our sincere thanks to the Rufford Small grants, Fresno Chafee Zoo for their financial support and to the guides and porters who accompanied us for this search.

References

Louis Jr., E.E.; Engberg, S.E.; McCormick, M.; Randriamampionona, R.; Ranaivoarisoa, J.; Bailey, C.; Mittermeier, R.A.; Lei, R. 2008. Revision of the mouse lemurs, *Microcebus* (Primates Lemuriformes) of northern and northwestern Madagascar with description of two new species at Montagne d’Ambre National Park and Antafondro Classified Forest. *Primates Conservation* 23: 19-38.

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.
- Olivieri, G.; Graul, M.; and Radispel, U. 2005. Inventaire des lémuriens dans 15 fragments de forêt de la province de Mahajanga. *Lemur News* 10: 11-16.
- Randrianambinina, B.; Rasoloharijaona, S.; Rakotosamimanana, B.; and Zimmerman, E. 2003. Inventaire des communautés lémuriens dans la réserve spéciale de Bora au Nord-ouest et la forêt domaniale Mahilaka-Maromandia au nord de Madagascar. *Lemur News* 8: 15-18.
- Randriatahina, G.H.; Rabarivola, J.C. 2004. Inventaire des lémuriens dans la partie Nord-Ouest de Madagascar et distribution d'*Eulemur macaco flavifrons*. *Lemur News* 9: 7-9.
- Rasoloarison, R.M.; Goodman, S.M.; Ganzhorn, J.U. 2000. Taxonomic revision of mouse lemurs (*Microcebus*) in the western portions of Madagascar. *International Journal of Primatology* 21(6): 963-1019.
- 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.

Articles

Possible role of secondary compounds in determining feeding choices of collared brown lemur females (*Eulemur collaris*): avoidance, self-medication or just availability?

Michela Balestri^{1*}, Marco Campera¹, Valentina Serra², Marta Barresi², Jean-Baptiste Ramanamanjato³, Giuseppe Donati¹

¹Department of Social Sciences, Oxford Brookes University, OX3 0BP, Oxford, United Kingdom

²Department of Biology, University of Pisa, 56126, Pisa, Italy

³QIT Madagascar Minerals, Rio Tinto, BP 225, Tolagnaro, Madagascar

*Corresponding author: michela.balestri-2013@brookes.ac.uk

Key words: tannins, polyphenols, littoral forest, protein binding, phenological seasons

Abstract

Secondary compounds are known to interfere with nutrient absorption, thus they are usually avoided by primates. The consumption of some secondary compounds limiting protein digestion, such as tannins, is expected to be minimised by females during gestation and lactation due to their higher protein requirements. However, in the Kirindy forest, observations of sifaka females, *Propithecus verreauxi*, during the birth season indicate an increased consumption of plants rich in secondary compounds. This has been tentatively interpreted as self-medication due to the anti-hemorrhagic properties of tannins. In this study we tested whether adult females of collared brown lemurs, *Eulemur collaris*, show a significant fluctuation in the consumption of plants rich in secondary compounds between reproductive seasons and in comparison to adult males. We collected year-round data on four groups of *E. collaris* inhabiting littoral forest fragments of southeastern Madagascar. We calculated the daily

proportion of condensed tannins and polyphenols in lemur diets using feeding records for each food item as the weighted coefficient. We then ran a General Linear Model (GLM) with condensed tannins or polyphenols as response variables, and sex and reproductive seasons as factors. Polyphenols were high during reproductive seasons. Tannins were also high during both gestation and birth season while they dropped during lactation. No significant differences were found in the dietary proportions of secondary compounds between females and males. In summary, the differences in secondary compounds estimated in the diet of *Eulemur collaris* are more likely to be determined by phenological variations rather than avoidance or self-medication strategies.

Introduction

Secondary compounds such as tannins and phenols are usually ingested in limited amounts by primates (Glander, 1982; Chapman and Chapman, 2002). This is due to the fact that secondary compounds can interfere with nutrient and iron uptake when ingested, as they bind with plant proteins and prevent their absorption (Ramachandra *et al.*, 1977; McManus *et al.*, 1981). Furthermore, plants containing high levels of secondary compounds are usually unpalatable to discourage consumption by herbivores (McKey *et al.*, 1978). Thus, primates usually avoid food items containing medium to high amounts of secondary compounds (Wrangham and Waterman, 1981; Ganzhorn, 1989; Chapman and Chapman, 2002). Secondary compounds, however, do not interact equally with all proteins, and in some cases, they can actually enhance the rate of protein hydrolysis (Waterman, 1984). This would explain why some species do not seem to avoid plants rich in phenols (e.g. howler monkeys, Milton, 1979; lowland gorillas, Remis and Kerr, 2002).

As for other mammals, protein requirements of primate females during gestation and lactation are higher than in non-reproductive periods (Lee, 1996). It is thus expected that a lower amount of secondary compounds will be present in female diets during reproductive periods due to the higher protein requirements. However, recent data indicate that ring-tailed lemurs (*Lemur catta*) do not actively avoid secondary compounds during reproductive seasons (Simmen *et al.*, 2006; Gould *et al.*, 2009). It has been suggested that lemurs may be physiologically (Simmen *et al.* 2006) and behaviorally (Ganzhorn, 1986) capable of dealing with secondary compounds. Additionally, lemur females usually have lower energy requirements than other primates (Tilden, 2008), which would make the consequences of a high intake of secondary compounds less dramatic in these primates.

As an alternative hypothesis in Verreaux's sifakas (*Propithecus verreauxi*), the increase in consumption of tannin- and phenol- rich plants during the birth season has been interpreted as self-medication (Carrai *et al.*, 2003). It has been suggested that secondary compounds may have potential prophylactic benefits for peri-parturient females (Huffman, 2001) and/or act as an anti-hemorrhagic (Carrai *et al.*, 2003).

In this paper, we examined year-round proportions of condensed tannin (CT) and polyphenols (PP) in the diet of four groups of *Eulemur collaris*, as part of a larger study on the ecological flexibility of this species in the littoral forests of southeastern Madagascar (Campera *et al.*, 2014). We tested whether females exhibit a different selection of plants rich in secondary compounds compared to males during reproductive and non-reproductive seasons.

In particular, we hypothesized:

1. Lower proportions of CT and PP in females' diet compared to males' diet during the reproductive seasons

- (gestation, birth, and lactation) if the avoidance hypothesis is supported;
2. Higher proportions of CT and PP in females' diet compared to males' diet during the birth season if the self-medication hypothesis is supported;
 3. No differences in proportion of CT and PP between females' and males' diets if food availability determines dietary variations.

Methods

Study sites

The data were collected in two littoral forest fragments from February 2011 to January 2012: Mandena and Ste Luce in southeastern Madagascar (Fig. 1). The conservation zone of Mandena (24°57' S, 47°0' E) consists of two fragments, around 240 ha of degraded littoral forest (Ganzhorn *et al.*, 2007). The littoral forest of Ste Luce (24°46'S, 47°10'E), around 30 km North of Fort Dauphin, is among the most intact littoral ecosystems in Madagascar and contains a very high diversity of vegetation (Bollen and Donati, 2006). The study area was located in a 252-ha-fragment of well-preserved littoral forest and swamp, called S9, 190 ha of which are included in the Conservation Zone (Ganzhorn *et al.*, 2007). *Eulemur collaris* is a medium-sized lemur with body mass of $2.15 \pm \text{SD } 0.25$ kg and body length of $46.1 \pm \text{SD } 2.6$ cm (Donati *et al.*, 2011). These lemurs live in multi-male multi-female groups and show no clear dominance of one sex.

We collected dietary data via instantaneous focal sampling at 5-minute intervals (Altmann, 1974) from all adult males and females of four different groups: two groups in Mandena, and two groups in Ste Luce. We collected a total of 151 days of observations (72 days on adult females and 79 days on adult males) from 06:00 to 18:00 hrs. All the adult females gave birth during the study period and thus there were no non-reproductive females. To ensure continuous observations, four animals (one for each group) were captured and equipped with radio-collars in order to use radio-telemetry. Individuals were captured via cages using banana slices as bait, and rapidly anaesthetised using Zoletil 100 (5 mg/kg of tiletamine hydrochloride) to reduce stress. All animals recovered from anaesthesia within 1.5 hours and were then followed until regaining full mobility. There were no injuries as a consequence of the captures (Campera *et al.*, 2014).

During behavioural observations, food items eaten by *Eulemur collaris* were collected after feeding or within 1-2 days. Species identification was performed first by our local assistants, and then verified by a botanist from QIT Madagascar Minerals Biodiversity Team. Each sample was dried on plates under sun warmth for at least 2 days, or oven-dried in adverse climatic conditions. Biochemical analyses were conducted at the Department of Animal Ecology and Conservation of the University of Hamburg. Procyanidin (condensed tannins) were extracted with 50% methanol. Concentrations of procyanidin tannins were measured as equivalents of quebracho tannin (Oates *et al.*, 1977). Poly-phenolic concentration was estimated as equivalents to pyrogalllic acid units. A detailed review of the procedures and their biological relevance is provided by Ortmann *et al.* (2006).

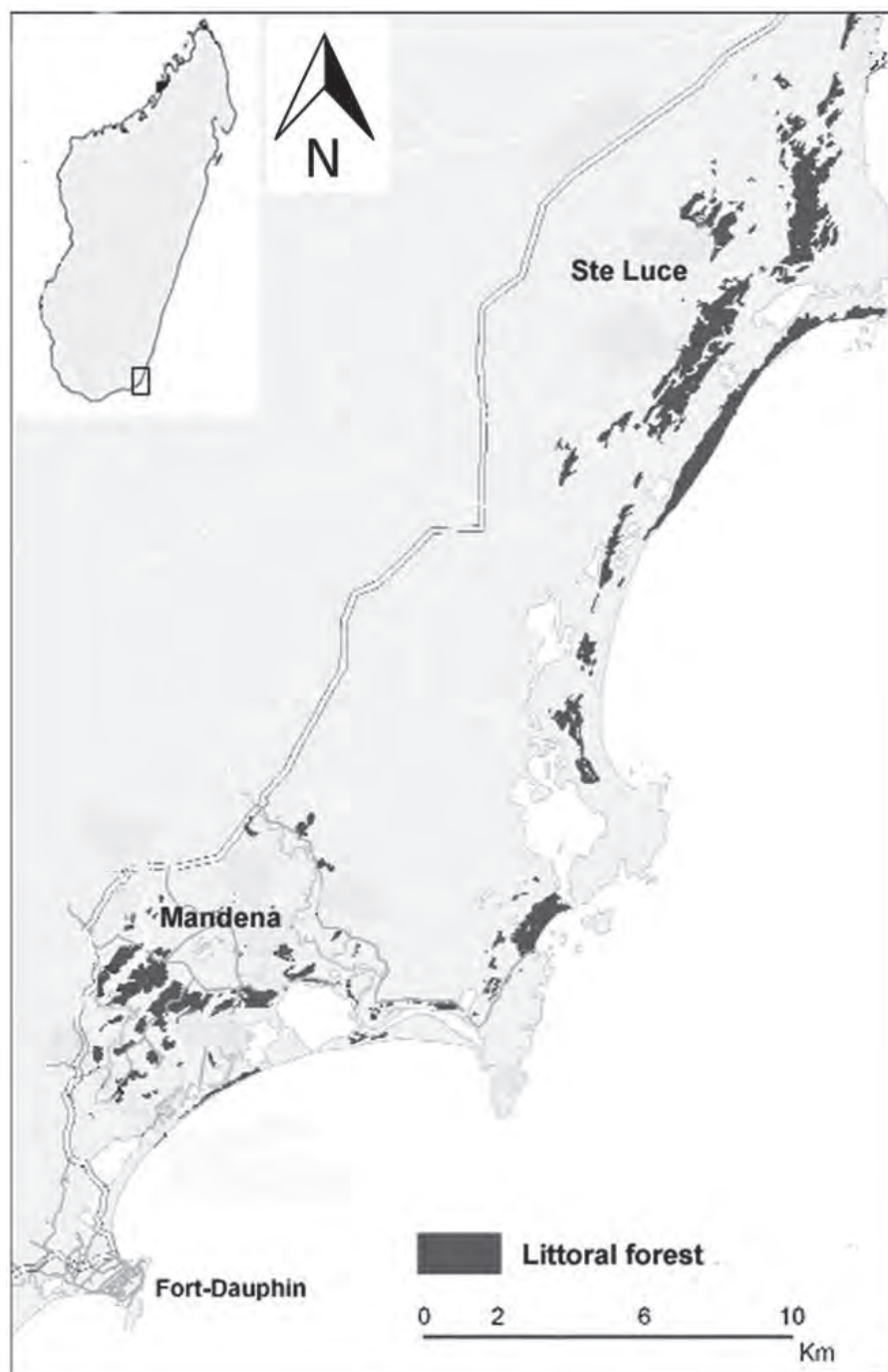


Fig. 1: Study sites: Mandena and Ste Luce in southeastern Madagascar.

We calculated the daily proportion of CT and PP in lemur diets. This was obtained as the percentage of weighed dry matter per day using the nutritional analysis for each food item, with the proportion of feeding records for items as the weighted coefficient (Kurland and Gaulin, 1987). We estimated lemur diet by using the proportion of feeding records, as the poor visibility conditions in dense littoral forests precluded a reliable quantification of the absolute amount of food items consumed (Donati et al., 2011). Since temporal measures of diet may produce significant distortions of actual food intake (Zinner, 1999) our results should be taken with caution until more fine-grained data are available.

We ran a General Linear Model (GLM) with CT or PP as dependent variables, and sex and reproductive seasons as factors. Reproductive seasons were divided in non-reproductive (January-June), gestation (July-September), birth (October), and lactation (November-December). We used Tukey's HSD as post hoc analyses. We tested for normal distributions of residuals (Kolmogorov-Smirnov test) and equality of variances (Levene's test) as underlying assumptions of the GLM. Tests were performed using STATISTICA software.

Results

The daily proportion of CT and PP in lemur diets (Fig. 2) varied significantly between reproductive seasons (GLM, reproductive season effect: CT, $F_{3,143}=5.35$, $P=0.002$; PP, $F_{3,143}=10.03$, $P<0.001$). Post-hoc tests revealed that lower proportions of CT were found during the lactation season compared to the non-reproductive season (Tukey HSD: $P=0.015$), gestation ($P=0.043$), and birth ($P=0.001$) season. Lower proportions of PP were found during the non-reproductive season compared to gestation (Tukey HSD: $P<0.001$), birth ($P=0.002$), and lactation ($P=0.011$) season. No significant differences were found between the two sexes (Sex effect: CT, $F_{1,143}=0.00$, $P=1.000$; PP, $F_{1,143}=2.18$, $P=0.142$). Females and males had a similar variation of secondary compounds in the diet over the different seasons (Reproductive season*Sex effect: CT, $F_{3,143}=1.36$, $P=0.257$; PP, $F_{3,143}=0.65$, $P=0.586$).

Discussion

The proportion of secondary compounds in the diet of *Eulemur collaris* varied between reproductive seasons. However, females did not have either lower or higher dietary proportions of secondary compounds compared to males during reproductive seasons, in line with what has been found in

Lemur catta (Gould et al., 2009). Although non-significant, the highest levels of secondary compounds found in this study were recorded during the birth season, due to the high consumption (17.5%) of the young leaves of *Cynometra cloiselii*, a Fabaceae rich in tannins. Previous data on *Eulemur collaris* in Ste Luce found a peak of tannin concentrations in June, during the gestation season (Donati et al., 2007). Thus, the proportion of secondary compounds in the diet of *Eulemur collaris* does not seem to have similar patterns between different years. It is likely that the variation in secondary compounds consumption by these lemurs is mainly due to phenological fluctuations and thus availability, rather than avoidance or self-medication reasons. This observation comes with no surprise, since lemurs seem to be behaviourally and physiologically adapted to tolerate secondary compounds in their diets (Gould et al., 2009). In particular, it has been previously suggested that lemurs may decrease the negative effects of secondary compound consumption by ingesting small quantities of various food items (Ganzhorn, 1986) and by limiting the consumption of secondary compounds for limited periods of time (Gould et al., 2009). Furthermore, sandy soils in Madagascar have been found to contain high concentrations of secondary compounds (Simmen et al., 2006).

Secondary compound consumption has been hypothesised to help female *Propithecus verreauxi* during the birth season, due to their anti-hemorrhagic and anti-abortion properties (Carrai et al., 2003). Our results do not support this idea. Additionally, the presence of a non-deciduate, epitheliochorial placenta, with no blood loss during birth (Swindler, 1998), suggests that the benefits of these supposed properties would not balance their costs in lemurs.

Self-medication has been mostly related to parasite-infection in mammals (Huffman, 2003), birds (Clark and Mason, 1988), and insects (Singer et al., 2009). Previous studies on endoparasite load of *Eulemur collaris* at our field site did not find an overall significant difference between sexes (but rather between sites) (Lazdane et al., 2014). To provide clear insight on whether this species uses secondary compounds as self-medication against parasite-infection, it would be necessary to correlate year-round data on parasite loads with secondary compounds ingested. Since we did not record actual food intake but dietary proportion weighted using feeding time, our findings can only be considered a preliminary exploration. Further analyses are required to determine if collared brown lemurs select secondary compounds, either negatively or positively, or if they have no influence on their feeding choice.

Acknowledgements

This work was carried out under the collaboration agreement with the Department of Animal Biology of the University of Antananarivo and with QIT Madagascar Minerals (QMM). We thank the the Ministère des Eaux et Forêts for their collaboration and permission to work in Madagascar. We are also grateful to the Madagascar Institute for the Conservation of Tropical Environments (MICET), the Association of Managers of Forests of Ambatoatsinana (FIMPIA), the Mandena Management Committee (COGEMA) for their collaboration. We thank Prof. Jörg Ganzhorn and the department of Department of Animal Ecology and Conservation of Hamburg University for the nutritional analyses.

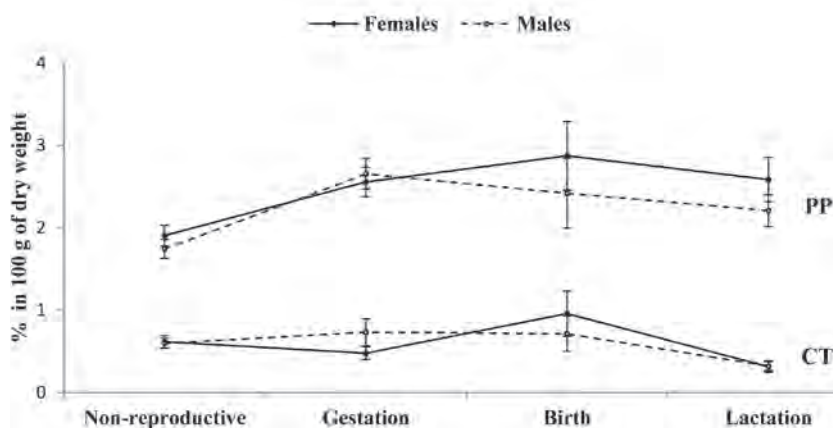


Fig. 2: Variation in the proportion of condensed tannins (CT) and polyphenols (PP) between sexes and reproductive seasons in *Eulemur collaris* from February 2011 to January 2012. Values are means and standard errors.

We thank Clare White for the language revision of this manuscript. We acknowledge the QMM biodiversity staff, especially Manon Vincelette, Johny Rabenantoandro, Christophe Rambolamanana, Laza Andriamandimbarisoa, Faly Randriatafika, David Rabehevitra, Sylvio Angelico, Claude Soanary, and the field assistants (Kadofa, Josette, Faris, Philemon, Germain, Crescent) in Mandena and Ste Luce. We thank Murielle Ravaolahy and Prof. Aristide Andrianarimisa for their contribution to this research. This research was supported by Rufford Small Grant Foundation.

References

- Altmann, J. 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour* 49: 227-267.
- Bollen, A.; Donati, G. 2006. Conservation status of the littoral forest of south-eastern Madagascar: a review. *Oryx* 40: 57-66.
- Campera, M.; Serra, V.; Balestri, M.; Barresi, M.; Ravaolahy, M.; Randriatafika, F.; Donati, G. 2014. Effects of habitat quality and seasonality on ranging patterns of *Eulemur collaris* in littoral forest fragments. *International Journal of Primatology* DOI:10.1007/s10764-014-9780-6.
- Carrai, V.; Borgognini-Tarli, S.M.; Huffman, M.A.; Bardi, M. 2003. Increase in tannin consumption by sifakas (*Propithecus verreauxi verreauxi*) females during the birth season: a case for self-medication in prosimians? *Primates* 44: 61-66.
- Clark, L.; Mason, J.R. 1988. Effect of biologically active plants used as nest material and the derived benefit to starling nestlings. *Oecologia* 77: 174-180.
- Chapman, C.A.; Chapman, L.J. 2002. Foraging challenges of red colobus monkeys: influence of nutrients and secondary compounds. *Comparative Biochemistry and Physiology* 133: 861-875.
- Donati, G.; Bollen, A.; Borgognini-Tarli, S.M.; Ganzhorn, J.U. 2007. Feeding over the 24h cycle: dietary flexibility of cathemeral collared lemur (*Eulemur collaris*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 61: 1237-1251.
- Donati, G.; Kesch, K.; Ndremitfy, K.; Schmidt, S.L.; Ramanamanjato, J.B.; Borgognini-Tarli, S.M.; Ganzhorn, J.U. 2011. Better few than hungry: flexible feeding ecology of collared lemurs *Eulemur collaris* in littoral forest fragments. *PLoS ONE*, 6: e19807.
- Ganzhorn, J.U. 1986. The influence of plant chemistry on food selection by Lemur catta and Lemur fulvus. Pp 21-29. In: J.G. Else; P.C. Lee (eds.). *Primate Ecology and Conservation*. Cambridge University Press, New York, USA.
- Ganzhorn, J.U. 1989. Primate species separation in relation to secondary plant chemicals. *Human Evolution* 4: 125-132.
- Ganzhorn, J.U.; Andrianasolo, T.; Andrianjalahatra, T.; Donati, G.; Fietz, J. 2007. Lemurs in evergreen littoral forest fragments. Pp 223-236. In: J.U. Ganzhorn; S.M. Goodman; M. Vincelette (eds.). *Biodiversity, Ecology and Conservation of the Littoral Ecosystems of South-Eastern Madagascar*. Smithsonian Institution, Washington, DC, USA.
- Glander, K.E. 1982. The impact of plant secondary compounds on primate feeding behavior. *Yearbook of Physical Anthropology* 25: 1-18.
- Gould, L.; Constabel, P.; Mellway, R.; Rambeloarivony, H. 2009. Condensed tannin intake in spiny-forest-dwelling *Lemur catta* at Berenty reserve, Madagascar, during reproductive periods. *Folia Primatologica* 80: 249-263.
- Huffman, M.A. 2001. Self-medication behavior in the African great apes: an evolutionary perspective into the origins of human traditional medicine. *Bioscience* 51: 651-661.
- Huffman, M.A. 2003. Animal self-medication and ethno-medicine: exploration and exploitation of the medicinal properties of plants. *Proceedings of the Nutrition Society* 62: 371-381.
- Kurland, J.A.; Gaulin, S.J.C. 1987. Comparability among measures of primate diets. *Primates* 28:71-77.
- Lazdane, K.; Broll, A.; Theisinger, O.; Bearder, S.K.; Donati, G. 2014. A preliminary assessment of nematode infections in *Eulemur collaris* (Geoffroy, 1812) (Mammalia: Lemuridae) in remnant fragments of Malagasy littoral forest. *Italian Journal of Zoology* DOI:10.1080/11250003.2014.915993.
- Lee, P. 1996. The meaning of weaning: growth, lactation, life history. *Evolutionary Anthropology* 5: 87-96.
- McKey, D.; Waterman, P.G.; Gartlan, J.S.; Struhsaker, T.T. 1978. Phenolic content of vegetation in two African rain forests: ecological implications. *Science* 202: 61-63.
- McManus, J.P.; Davis, K.G.; Lilley, T.H.; Haslam, E. 1981. The association of proteins with polyphenols. *Journal of the Chemical Society Chemical Communications* 7: 309-311.
- Milton, K. 1979. Factors influencing leaf choice by howler monkeys: a test of some hypotheses of food selection by generalist herbivores. *American Naturalist* 114: 362-378.
- Ramachandra, G.; Virupaksha, T.K.; Shadaksharaswamy, M. 1977. Relationship between tannin levels and in vitro protein digestibility in finger millet (*Eleusine coracana* Gaertn.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 25: 1101-1104.
- Oates, J.F.; Swain, T.; Zantovska, J. 1977. Secondary compounds and food selection by Colobus monkeys. *Biochemical Systematics and Ecology* 5:317-321.
- Ortmann, S.; Bradley, B.J.; Stolter, C.; Ganzhorn, J.U. 2006. Estimating the quality and composition of wild animal diets: a critical survey of methods. Pp. 395-418. In: G. Hohmann; M.M. Robbins; C. Boesch (eds.). *Feeding ecology in apes and other primates. Ecological, physical and behavioural aspects*. Cambridge University, Cambridge, UK.
- Remis, M.J.; Kerr, M.E. 2002. Taste responses to fructose and tannic acid among gorillas (*Gorilla gorilla gorilla*). *International Journal of Primatology* 23: 251-261.
- Simmen, B.; Peronny, S.; Jeanson, M.; Hladik, A.; Marez, A. (2006). Diet quality and taste perception of plant secondary metabolites by Lemur catta. Pp 187-207. In: A. Jolly; M. Koyama; H. Rasamimanana; R.W. Sussman (eds.). *Ring-Tailed Lemur Biology*. Springer, New York, USA.
- Singer, M.S.; Mace, K.C.; Bernays, E.A. 2009. Self-medication as adaptive plasticity: increased ingestion of plant toxins by parasitized caterpillars. *PLoS ONE* 4: e4796.
- Swindler, D.R. 1998. *Introduction to the Primates*. University of Washington Press, Seattle, USA.
- Tilden, C. 2008. Low fetal energy deposition rates in lemurs: another energy conservation strategy. Pp 311-318. In: J.G. Fleagle; C.G. Gilbert (eds.). *Elwyn Simons, a Search for Origins*. Springer, New York, USA.
- Waterman, P.G. 1984. Food acquisition and processing as a function of plant chemistry. Pp 177-211. In: D.J. Chivers; B.E. Wood; A. Bilsborough (eds.). *Food Acquisition and Processing in Primates*. Plenum, London, UK.
- Wrangham, R.W.; Waterman, P.G. 1981. Feeding behaviour of vervet monkeys on *Acacia tortilis* and *Acacia xanthophloea*: with special reference to reproductive strategies and tannin production. *Journal of Animal Ecology* 50: 715-731.
- Zinner, D. 1999. Relationship between feeding time and food intake in hamadryas baboons (*Papio hamadryas*) and the value of feeding time as predictor of food intake. *Zoo Biology* 18: 495-505.

The presence of diurnal lemurs and human-lemur interactions in the buffer zone of the Ankarana National Park

Haley R. Gilles^{1*}, Kim E. Reuter¹

¹Department of Biology, Temple University, Philadelphia, PA, 19122, USA

*Corresponding author: haley.gilles@gmail.com

Key words: *Eulemur coronatus*, *Eulemur sanfordi*, Ankarana National Park, perimeter zone, conservation

Abstract

The Ankarana National Park in northern Madagascar is home to 11 lemur species and has some of the highest recorded primate densities in the world. However, these species have declining population sizes, and the surrounding villages continue to exploit the natural resources in and around the park. These interactions have led to a decline of viable habitat, and may negatively impact local lemur populations. Here, we assess the presence of remaining lemur populations in the buffer zone surrounding the park, and use social survey techniques to understand how local communities interact with lemur populations. We observed no visual or auditory sign of lemurs on transects throughout the buffer zone, and recorded high rates of active lemur

hunting within the buffer zone and the park. Given that no lemurs were encountered in the buffer zone - which lies between the Ankarana Park and a second, more northern, protected area - it is important to continue preservation of the habitat within the park, while involving the surrounding villagers in new conservation efforts.

Introduction

Over 92% of the 197 native mammal species found in Madagascar, are endemic to the island (IUCN, 2013) but over 90% of the island's primary vegetation has been modified or completely removed (Myers *et al.*, 2000). Therefore, protected areas are important for harboring both the island's endemic species and their habitat. Madagascar currently protects almost 47,000 km² of land, a marked increase from 17,000 km² in 2003 (Schwitzer *et al.*, 2014). However, many of these parks are feared to be 'paper parks' which are unregulated (Lovgren, 2007), and it is unclear whether parks have received the funding needed to adequately protect biodiversity (Schwitzer *et al.*, 2014).

The presence of a buffer zone - a zone with restricted natural resource use (Sayer, 1991) - can help protect biodiversity around a protected area (Wells and Brandon, 1993). We define the buffer zone as a 10 km perimeter around the park boundary. Buffer zones allow local human communities access to natural resources, while providing animals with additional habitat (Wells and Brandon, 1993). They can help connect habitat patches and decrease fragmentation, and the health of a buffer zone can be important to the overall effectiveness of a protected area, though they may be less effective when left unregulated (Wells and Brandon, 1993). One protected area where a buffer zone could be beneficial is the Ankarana National Park, a 182 km² park containing one of the world's highest densities of primates (Hawkins *et al.*, 1990). Ankarana serves as one of several habitat patches for endangered lemurs (IUCN, 2013) and is just 10 km south of Montagne d'Ambre National Park (Fig. 1). Both of these parks are home to the diurnal *Eulemur sanfordi* (Sanford's Brown Lemur) and *Eulemur coronatus* (Crowned Lemur) (Hawkins *et al.*, 1990). Due to their proximity, buffer zones surrounding both parks could facilitate the movement of lemur groups between the two protected areas and ensure gene flow. Park boundaries have been known to cause an island-effect for species diversity and an effective buffer zone between the parks could connect these two habitats (Janzen, 1983, Fig. 1). For Ankarana, local park employees indicated the existence of a buffer zone (Madagascar National Parks, pers. comm.), but our conversations with local communities indicate that they are not aware of its existence or of any accompanying regulations.

The objectives of this research were to (1) assess the presence/absence and densities of diurnal lemurs along the western and northern perimeter of the Ankarana National Park and (2) describe interactions between local communities and lemurs. We hypothesized that (1A) lemurs would be present in the buffer zone, but that (1B) densities would be low compared to those inside the park. For objective two, we hypothesized that (2A) interactions between local communities and lemurs would be predominantly negative. Of the park's 11 lemur species in Ankarana, we focused on the diurnal *Eulemur coronatus* and *Eulemur sanfordi* (Hawkins *et al.*, 1990), due to their IUCN status as Vulnerable and Endangered (IUCN, 2013). Despite this area being placed between two of the species' largest remaining habitat fragments, little is known about the status of populations in areas west and north of the Ankarana Park. Consequently, it is important to provide updated information about their status in this area.

Methods

Study sites

Although there are no villages inside the border of the Ankarana National Park, there are numerous villages in the perimeter zone (*a priori* defined as a 10 km zone around the park). We collected data at five villages along the northwest perimeter of the park in July 2013 (Tab. 1; Fig. 1).

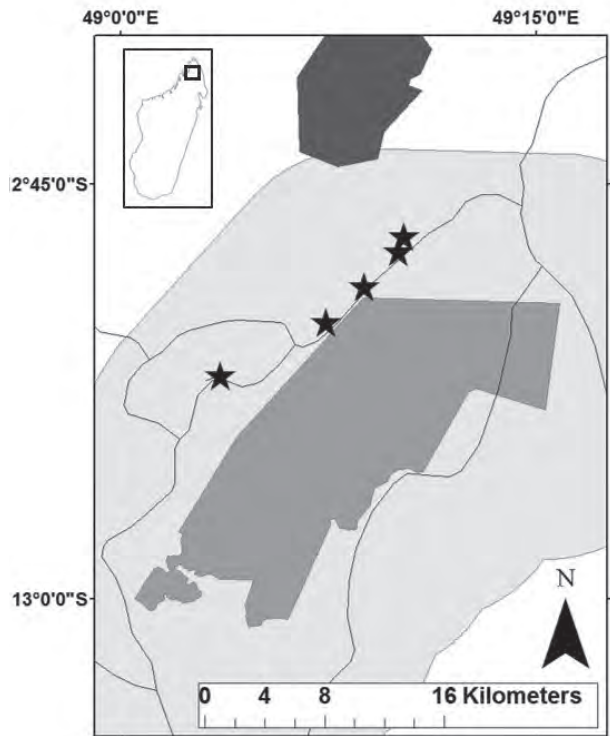


Fig. 1: Map of study sites. Stars represent villages surveyed with village 1 being the southernmost and village 5 the most northern star. The shaded area in the middle is Ankarana National Park with a 10 km buffer zone perimeter. The small dark shaded region in the north part of the map is Montagne d'Ambre Park, touching the 10 km buffer zone of Ankarana.

Lemur density methodology

We surveyed for diurnal lemurs at three villages within the park's buffer zone (Tab. 1). Transects were established in four directions from village centers along existing trails and roads, employing methods and a similar census effort (area covered) used by other researchers in this region to determine lemur densities (Banks *et al.*, 2007). Transects passed through a diversity of habitat types typically found around the edge of the park. Census was executed at 1 km/hour during peak foraging hours (06:00 - 11:00 h and 13:30 - 17:30 h) (Banks *et al.*, 2007).

Social survey methods

To understand the interactions between local communities and lemur populations, questions were asked about negative (lemur capture and hunting) and positive (taboos against consuming lemur) interactions (Tab. 2). Survey materials and sampling design were approved by the Temple University Institutional Review Board (Protocol Number: 21414, May 2013), and authorized by the Madagascar Ministry of Water and Forests (Permit: 071/13/MEF/SG/DGF/DCB.SAP/SCB) and Madagascar National Parks (Permit: 071/13/MEF/SG/DGF/DCB.SAP/SCB). Locally elected officials ap-

Tab. 1: Diurnal lemur presence in Ankarana buffer zone.

Village Number	Human Population	MNP* Agents Present	Distance from Park Boundary	Distance Lemur Census	Wild Lemurs Observed?	Pet Lemurs Observed?
1	400	2	3.95 km (5-7 km)	14 km	No	No
2	120	0	0.63 km	-	-	No
3	300	0	0.57 km(1.3 km)	18.5 km	No	Yes (2)
4	1997	0	2.82 km	12 km	No	No, reported but not observed by researchers
5	250	0	4.04 km(5 km)	-	-	No

* Madagascar National Parks

Tab. 2: Self-reported interactions between communities and lemur populations. Averages are the mean $\pm$ 95% confidence interval, with villages as replicates.

Village number	Number of times lemur eaten in lifetime	Number of times eaten lemur per year	Last time lemur eaten (years ago)	Percent of people who had eaten lemur in 2013 (%)	Percent of people who reported ever hunting lemurs (%)	Fadys/Taboos against lemur consumption/hunting (%)
1 n=30	67.3	20	1.3	6.7	10	76.67
2 n=34	9.8	4.6	6.2	8.8	2.9	0
3 n=26	9	4	-	20	30.8	26.67
4 n=30	21.9	2.9	5.7	3.3	6.7	0
5 n=30	53	3.8	6.1	20	6.7	0
Average	32.2 $\pm$ 23.3	7.1 $\pm$ 6.4	4.9 $\pm$ 2.3	11.8 $\pm$ 6.8	11.4 $\pm$ 9.7	20.67 $\pm$ 43.83

proved research prior to the start of data collection. Head-of-household individuals (18 years or older with household buying power) were interviewed at every third household. If interviews were not possible at a selected house, an adjacent house was selected for inclusion. Interviewees provided verbal consent and no personal information was recorded.

Analysis

The lack of visual or auditory evidence of any lemurs yielded no need for population density analyses. Averages are represented as a mean $\pm$ 95% confidence interval.

Results

Objective one (presence of diurnal lemurs)

Contrary to hypothesis (1A), no visual or auditory records confirmed the presence of diurnal lemurs during census. However, two highly habituated but unrestrained lemurs were observed in one town (Tab. 1). These lemurs (*Eulemur coronatus*, one male and one female) could leave their owner and return for feeding, and were reportedly habituated from the wild. Therefore, some lemur groups may persist in habitat fragments outside the national park, though - and in accordance with hypothesis (1B) - the absence of any observations of lemurs indicated that their densities are likely much lower than those found in the park (500 adults/km² in 1989, Wilson *et al.*, 1989).

Objective two (interactions between local communities and lemurs)

In accordance with hypothesis (2A) interactions that could negatively impact lemur populations were reported in all villages, and included keeping lemurs as habituated pets (Tab. 1) and hunting and consuming lemurs (Tab. 2). Hunting was highest in the village that was the closest to the park boundaries and lowest in the village farthest from park. In contrast, interactions that could positively impact lemur populations (presence of taboos against interacting with lemurs) were not reported in all villages (Tab. 2).

Discussion

The lack of wild, diurnal lemur populations in the buffer zone of the park is concerning, given past density estimates in other areas of the park and its buffer zone (Banks *et al.*, 2007). We predict that past human interactions with

lemur populations may be the cause for the present lack of lemurs in the west and northwest buffer zone of the park. Therefore, the ongoing high rates of negative human-lemur interactions reported by local communities are concerning.

From our anecdotal observations and interviews in local villages, there is no evidence of a functioning buffer zone or that it is protecting lemur populations around the Ankarana National Park. Furthermore, there are likely not many habitat corridors connecting the park with the more northern protected area. Although park boundaries were often marked - in one case, with a large red X on a boulder - we observed frequent and obvious use of the protected natural resources. For example, we saw rice paddies inside the park boundaries and villagers entering Ankarana with axes and hunting weapons. While it is clear that the local communities need to use some of the local natural resources, these anecdotal accounts highlight that ongoing habitat use is unregulated. However we believe that local outreach efforts could successfully lobby for the creation of habitat corridors between the Ankarana Park and Montagne d'Ambre, without jeopardizing local livelihoods (Vells and Brandon, 1993).

In addition to rebuilding - or at least maintaining - forest corridors around Ankarana Park, other management strategies could further protect the lemurs of the park. Selective enforcement - such as levying fines against lemur hunting specifically - might serve as compromise between local community needs and the park's biodiversity aims. However, this would require a change in enforcement strategies, as well as hiring more park staff and providing them with resources. Additionally, park profits could be used to benefit the local communities or maintain forest patches around the park. Since 2008, there are no requirements that a minimum percentage of park profits be returned to local communities (Madagascar National Parks, pers. comm.) and the communities we visited seemed to gain no eco-tourism benefits from the park. We propose that efforts be taken to involve local communities in park management as well as the provision of incentives to local communities using profits from the park.

There is a real need to rebuild - or at least maintain - the forests outside protected areas, especially in buffer zones. Our study indicates that the buffer zone surrounding the

Ankarana National Park may not sustain even low levels of lemur abundance, while high rates of negative human-lemur interactions may also decrease the genetic flow between lemur populations of the Ankarana Park and the adjacent Montagne d'Ambre. Therefore, we propose management strategies to address these concerns, thereby increasing protection of several endangered species of lemur.

Acknowledgements

Many thanks to Tertius Rodriguez Belalahy for serving as a translator and to host communities for their hospitality. Thanks to Melissa Schaefer for valuable advice on the content of the manuscript. This research was completed in partnership with the Madagascar Institute for the Conservation of Tropical Environments. Any opinion, findings, and conclusions or recommendations expressed in this material are those of the authors and do not necessarily reflect the views of the National Science Foundation. This material is based upon work supported by the National Science Foundation Graduate Research Fellowship under Grant No. (DGE-1144462) to KER.

References

- Banks, M.A.; Ellis, E.R.; Antonio, Wright, P.C. 2007. Global population size of critically endangered lemur, Perrier's Sifaka. *Animal Conservation* 10: 254-262.
- Hawkins, A.F.A.; Chapman, P.; Ganzhorn, J.U.; Blocam, Q.M.C.; Barlow, S.C.; Tonge, S.J. 1990. Vertebrate conservation in Ankarana Special Reserve, northern Madagascar. *Biological Conservation* 54: 83-110.
- IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org. Downloaded on 6 March 2014.
- Janzen, D.H. 1983. No park is an island: increase in interference from outside as park size decreases. *Oikos* 41: 402-410.
- Lovgren, S. 2007. Madagascar creates millions of acres of new protected areas. *National Geographic News*. <http://news.nationalgeographic.com/news/2007/05/070504-madagascar-parks.html>. Downloaded on 6 March 2014.
- Myers, N.; Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G.; da Fonseca, G.A.B.; Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Sayer, J. 1991. Rainforest buffer zones: guidelines for protected area managers. IUCN, Gland. ISBN: 978-2831700724
- Schwitzer, C.; Mittermeier, R.A.; Johnson, S.E.; Donati, G.; Irwin, M.; Peacock, H.; Ratsimbazafy, J.; Razafindramana, J.; Louis Jr. E.E.; Chikhi, L.; Colquhoun, I.C.; Tinsman, J.; Dolch, R.; LaFleur, M.; Nash, S.; Patel, E.; Randrianambinina, B.; Rasolofoharivelo, T.; Wright, P.C. 2014. Averting lemur extinctions amid Madagascar's political crisis. *Science* 343: 842-843.
- Wells, M.; Brandon, K.E. 1993. The principles and practice of buffer zones and local participation in biodiversity conservation. *Ambio* 22: 157-62.
- Wilson, J.M.; Stewart, P.D.; Ramangason, G.S.; Denning, A.M.; Huthings, M.S. 1989. Ecology and conservation of the crowned lemur, *Lemur coronatus*, at Ankarana, north Madagascar. *Folia Primatologica* 52: 1-26.

Effet du microclimat et de la disponibilité alimentaire sur la répartition de *Eulemur rufifrons* dans la forêt humide du Parc National Andringitra

Andry Rajaonson^{1,2,*}, Spiral Germain Jules^{1,2}, Soanorolalao Ravelonjanahary¹, Jonah Ratsimbazafy²

¹Département de Paléontologie et d'Anthropologie Biologique, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, BP 906 Antananarivo 101, Madagascar

²Groupe d'Etude et de Recherche sur les Primates de Madagascar

*Corresponding author: andryrajaonson@yahoo.fr

Mots-clés : microclimat, lisière, forêt intérieure, *Eulemur rufifrons*, densité, disponibilité alimentaire

Résumé

Cette étude a essayé de comprendre l'effet du microclimat (température, humidité, lumière) sur la densité relative de Lémur à Front Roux à partir de la lisière vers l'intérieur de la forêt. Anosikely et Amporomahery ont été les deux sites d'études choisis dans le Parc National Andringitra pour la collecte des données. Cette étude a été conduite durant six mois. La première phase, en 2009, a duré trois mois à partir du mois de septembre jusqu'au mois de novembre. La deuxième phase, en 2011, a été effectuée entre mars et mai. En adoptant le protocole de recherche utilisé par Lehman *et al.* (2006a), cinq transects de longueur respective de 1,5 km ont été installés et surveillés à partir de l'extérieur vers l'intérieur de la forêt. Au total, 132 suivis microclimatiques et 132 recensements diurnes de Lémur à Front Roux ont été réalisés sur les cinq transects. Grâce aux rôles joués par la lisière, cette étude essaye de comprendre la réponse d'*Eulemur rufifrons* en observant la densité relative de sa population. En outre, cette étude tend à expliquer l'influence de la lisière sur les variables microclimatiques (température, humidité, lumière) et de la disponibilité alimentaire (fruit, fleur).

Abstract

This survey tried to understand the microclimate (temperature, humidity, light) response and its relationship with the red-fronted brown lemur density from border toward forest interior. Anosikely and Amporomahery are the study sites located in the National Park of Andringitra. This survey was conducted over six months. An initial three months were spent in 2009 from September until November. The second phase, in 2011, was achieved from March until May. The protocol of research used by Lehman *et al.* (2006) was adopted and five transects were installed and supervised. Each transect has a length of 1.5 km. In total, 132 microclimate recordings and 132 diurnal censuses of red-fronted brown lemur were recorded. This study was interested in understanding the effect of the forest border and the response of *Eulemur rufifrons*, by observing the relative density of the population. Furthermore, in this study we present microclimatic (temperature, humidity, light) responses associated with food availability (fruit, flower).

Introduction

Cette étude essaie de compléter les lacunes sur l'écologie de lémuriens de Madagascar en apportant de nouvelles approches écologiques. D'une part, cette démarche est de comprendre l'effet de la lisière sur la répartition d'une population de Lémur à Front Roux (*Eulemur rufifrons*). Par définition, la lisière est la ceinture la plus extérieure de la forêt où le microclimat et la végétation sont marqués d'une façon différente (Rosenberg et Raphael, 1986). Cependant, l'effet de cette lisière sur la distribution et sur l'abondance des espèces est très important (Murcia, 1995). Dans cette étude, le terme lisière désigne l'interface entre habitats forestiers et non forestiers (Harper *et al.*, 2000). D'autre part, le microclimat exerce un rôle spécifique dans le processus écologique. Il est défini comme un déterminant de modèles écologiques des plantes et des communautés animales, et peut conduire à l'augmentation ou à la mortalité des organismes (Shirley, 1929, 1945). Au terme de cette étude, trois objectifs pourront être atteints: il s'agit de déterminer la distribution des variables microclimatiques à partir du bord extérieur vers l'intérieur de la forêt, de voir la distribution des sources de nourritures disponibles de l'extérieur vers

l'intérieur de la forêt, et de connaître la réponse d'*Eulemur rufifrons* face à ces différents facteurs.

Méthodologie

Site d'études

Deux sites ont été choisis dans la partie nord du Parc National Andringitra. Ces sites sont Anosikely (S 22° 09' 33.5" E 046° 56' 11.0" altitude 1533m) et Amporomahery (S 22° 08' 48.9" E 046° 56' 38.2" altitude 1570 m). Ils sont situés environ à 400 km de la capitale (=Antananarivo) au Sud-Est de Madagascar (voir Fig. 1).

Transect linéaire

Cinq transects linéaires ont été combinés pour estimer la densité de population d'*Eulemur rufifrons* (trois transects à Amporomahery, deux transects à Anosikely). Ces transects ont été surveillés avec les 170 points de marquage (ou points de transect) constituant l'échantillon pour les recensements d'*Eulemur rufifrons*. L'extérieur de la forêt est choisi comme point de repère: ce sont des zones défrichées et brûlées appelées communément «tavy», ou des savanes selon le cas. Ce point extérieur est situé environ à 20 ou à 50 mètres du bord de la forêt (Lehman *et al.*, 2006). Les données microclimatiques récoltées sont la température (en degré celsius), l'humidité (en pourcentage) et la lumière transmise au sous-bois (en lux). Tous les deux jours, de septembre à novembre en 2009, et de mars à mai en 2011, l'équipe effectuait les recensements d'*Eulemur rufifrons* et collectait les données microclimatiques le long du transect de 07h30 à 11h du matin et de 13h jusqu'à 16h de l'après-midi, en marchant lentement avec une vitesse de 0,5 à 1 km par heure. Le thermo-hygromètre utilisé est de marque Testo 615 GmbH&CO et le luxmètre Extech EasyView™ 30 Light Meter ont été utilisés pour la collecte des données climatiques. Une étude phénologique a été faite en utilisant la méthode d'Overdorff (1993) pour surveiller les nourritures disponibles le long des cinq transects. Le calcul de la densité de population a été établi en utilisant la formule de Whitesides *et al.* (1988). La densité de population *D* est calculée comme suit: $D = I / 2EL_t$ (où *I* est le nombre d'individu recensé; *L_t* est la longueur totale du transect en fonction du nombre de répétitions; *E* est la distance effective de l'animal par rapport à la ligne de transect).

Tests statistiques

L'utilisation de logiciel statistique comme Microsoft Excel et SPSS 10.0 a facilité les types de calculs considérés. Le test de régression multiple (linéaire, quadratique et cubique) a été utilisé pour évaluer l'effet du transect sur la densité de population d'*Eulemur rufifrons*, et sur les variables microclimatiques (température, humidité, lumière). Le test d'analyse de la Variance a été utilisé pour évaluer la moyenne des facteurs abiotiques (température, humidité, lumière), et le test de Kruskal-Wallis sert à évaluer la distribution des fruits et des fleurs disponibles. Pour ces trois types de tests, la valeur calculée de probabilité *p* est donnée par le logiciel SPSS 10.0.

Résultats

Densité de la population

En 2009, l'équipe a recensé au total 68 individus d'*Eulemur rufifrons* dont 52 trouvés à Amporomahery, et 16 trouvés à Anosikely. Ces individus sont composés de 17 mâles, 16 femelles, un enfant et 34 autres non identifiés à cause des fuites rapides de l'animal dans la forêt. En 2011, nous avons recensé seulement 21 individus composés de 13 mâles et 8 femelles, dont 16 trouvés à Amporomahery et 5 à Anosikely. Une faible densité relative de la population d'*Eulemur rufifrons* a été constatée durant les deux phases d'études dans le Parc National Andringitra: 4.90 ± 2.8 individus/km² en 2009; et 1.95 ± 0.8 individus/km² en 2011. La densité d'*Eulemur rufifrons* se distribuait inégalement à partir de la lisière vers la forêt intérieure (Fig. 2). De plus, l'analyse de régression multiple ne suffisait pas pour expliquer l'effet du bord sur la densité de la population (voir Tab. 1).

Tab. 1: Analyse de régression multiple sur la densité d'*Eulemur rufifrons*.

Modèle	R ²	Degrés de liberté (d.d.l)	F	p
Linéaire	0.049	14	0.72	0.409*
Quadratique	0.111	13	0.81	0.466*
Cubique	0.140	12	0.65	0.598*

* non significatif ($p > 0.05$)

Malgré cette distribution, *Eulemur rufifrons* tolérait la vie en lisière. Car selon Lehtinen *et al.* (2003), si la densité est élevée près de la lisière de la forêt, un individu a présenté une réponse positive à l'effet de lisière. Dans cette étude, *Eulemur rufifrons* semble vérifier cette tendance. Cette espèce préférait utiliser le microhabitat disponible à partir du bord jusqu'à 900 m vers l'intérieur de la forêt (voir Fig. 2).

Microclimat

La variation du microclimat est expliquée par cet effet du bord de la forêt (voir Tab. 2). Remarquablement, il a été constaté que l'humidité jouait un rôle primordial. Cette humidité se distribuait significativement et influençait beaucoup plus l'intérieur de la forêt. Sa valeur était de $33.179 \pm 33.280\%$. La température moyenne au long du transect était de 19.217 ± 4.555 °C (d.d.l=4; F=8.546; $p=7.77$), et la lumière était de 5.5147 ± 12.2085 Klux (d.d.l=4; F=9.069; $p=3.242$).

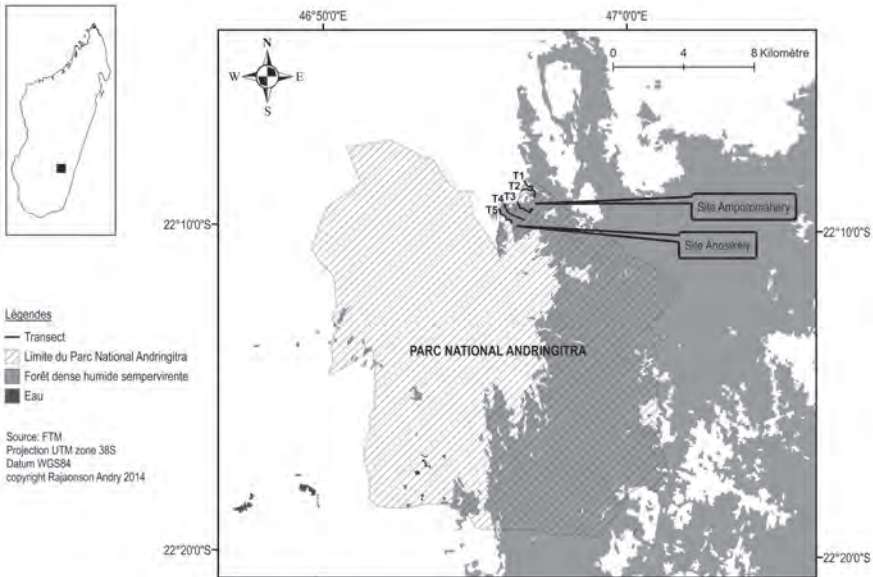


Fig. 1: Carte des sites d'études (Amporomahery, Anosikely) dans le Parc National Andringitra. Montrant les transects installés à partir de l'extérieur vers l'intérieur de la forêt.

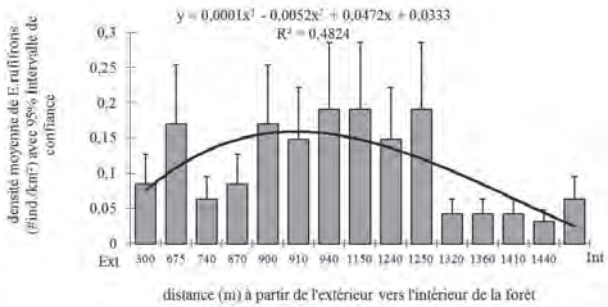


Fig. 2: Réponse positive de Lémur à Front Roux à l'effet de lisière dans le Parc National Andringitra.

De l'extérieur vers l'intérieur de la forêt, le pourcentage d'humidité tend à augmenter, puis la température et la quantité de lumière tendent à diminuer (Fig. 3, 4, 5).

Disponibilité de la nourriture

L'analyse révèle que les fruits se partageaient différemment à partir de l'extérieur vers l'intérieur de la forêt. Leur distribution n'est pas identique ($\chi^2=21.610$; d.d.l=4; $p=0.0002$), car les fruits disponibles étaient surtout remarquables entre 550 et 1000 m à l'intérieur de la forêt (Fig. 6).

Ce qui explique davantage la répartition d'*Eulemur rufifrons* en dépit de sa faible densité. Concernant les fleurs, leur disponibilité reste plus ou moins identique le long du transect ($\chi^2=42.097$; d.d.l=4; $p=1.592$) (voir Fig. 7).

Discussion

Les écologistes et biologistes en conservation comptent lourdement sur la régression multiple à développer des déductions aux modèles de distribution (Mac Nally, 2000). Exemple, la répartition de la densité de population de Lémur à Front Roux près de la lisière et celle à l'intérieur de la forêt. Toutefois, ce modèle de distribution de densité demeure insuffisant car d'autres facteurs entrent également en jeu comme la disponibilité des nourritures, le microclimat. L'analyse de la disponibilité de nourritures est alors un facteur très important dans l'explication de l'effet de lisière. *Eulemur rufifrons* as des tendances omnivore, c'est-à-dire qu'ils mangent des fruits, des fleurs entières et des petits insectes (Overdorff, 1998). La distribution des aliments nutritifs dépend du processus écologique lequel pouvant être modifié par l'effet de lisière (Laurance et al., 1997). En tenant compte de cette remarque, le cas contraire peut être examiné comme le cas d'*Eulemur cinereiceps* qui se trouvant dans la forêt humide du Sud-Est de Madagascar. Exemple, la disponibilité des fruits dans la Réserve Spéciale de Manombo ne dépend pas de la lisière bien que l'espèce cathémérale *Eulemur cinereiceps* passe la plupart de son temps à côté de cette lisière (Ingraldi, 2010). En plus des facteurs abiotiques, il faut prendre en compte également le rôle joué

Tab. 2: Effet de la lisière sur le microclimat dans le Parc National Andringitra.

	Modèle	R ²	Degrés de liberté	F	p	b0	b1	b2	b3
%H	Lin	0.037	298	11.58	0.001*	19.6295	5.2787		
%H	Qua	0.057	297	8.90	0.000*	41.3041	-12.036	2.8697	
%H	Cub	0.062	296	6.51	0.000*	13.8756	25.7839	-11.192	1.5375
°C	Lin	0.004	298	1.08	0.301	19.6166	0.3102		
°C	Qua	0.041	297	6.40	0.002*	25.3796	-4.2935	0.7630	
°C	Cub	0.056	296	5.80	0.001*	33.8695	-16.000	5.1155	-0.4759
klux	Lin	0.000	298	3.00	0.957	5.8650	0.0339		
klux	Qua	0.022	297	3.39	0.035*	15.0664	-7.3165	1.2183	
klux	Cub	0.039	296	4.02	0.008*	-4.07222	19.0726	1.2183	1.0728

%H: est l'humidité exprimée en pourcentage; °C: est la température exprimée en degré Celsius; klux: est la lumière exprimée en kilolux; Lin: modèle linéaire de la régression; Qua: modèle quadratique de la régression; Cub: modèle cubique de la régression; * test significatif ($p<0.05$)

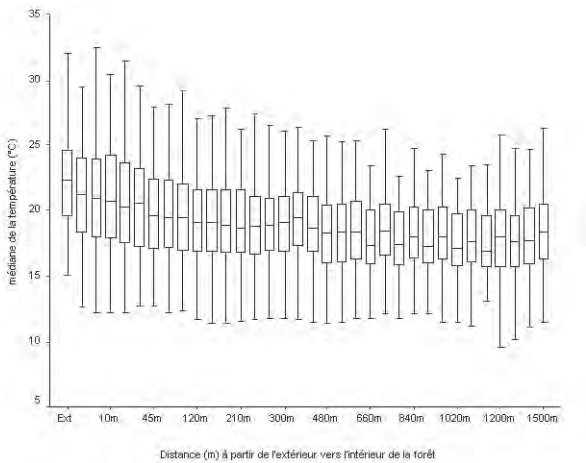


Fig. 3: Effet de la lisière sur la distribution de température.

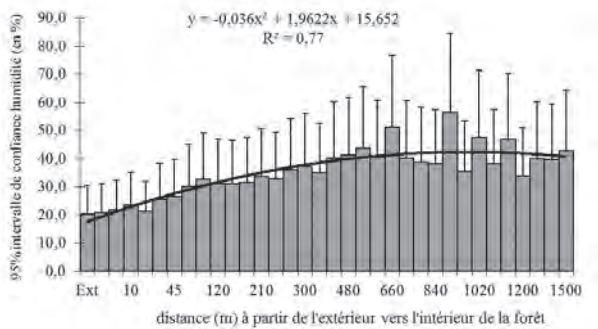


Fig. 4: Effet de la lisière sur la distribution de l'humidité.



Fig. 5: Effet de la lisière sur la distribution de lumière.

par la structure de l'habitat dans ces sites. Par exemple: la canopée est capable de retenir une partie de l'humidité et de laisser passer une certaine quantité de lumière. En outre, un modèle mathématique explique même l'impact de l'effet de lisière dans une réserve naturelle allant de 20,000 hectares à 40,000 hectares (exemple, le Parc National Andringitra a une superficie de 31,160 hectares), 30% de cette surface sont influencés par l'effet de lisière en pénétrant jusqu'à une distance de 500 m vers l'intérieur (Sih et al., 2000). En observant la distribution totale des fruits entre les deux saisons dans le Parc National Andringitra, il est à noter que les fruits abondent entre 500-950 m vers l'habitat intérieur du parc. Ce qui laisse suggérer que cet effet de lisière pénètre même

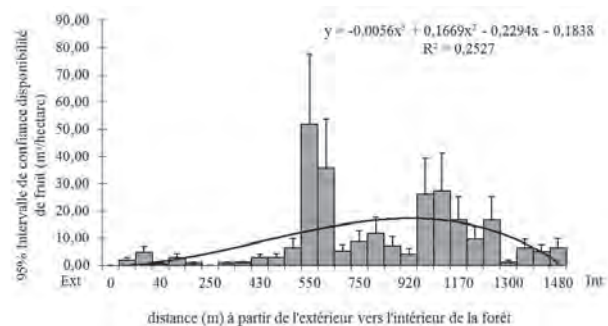


Fig. 6: Effet de la lisière sur les fruits disponibles.

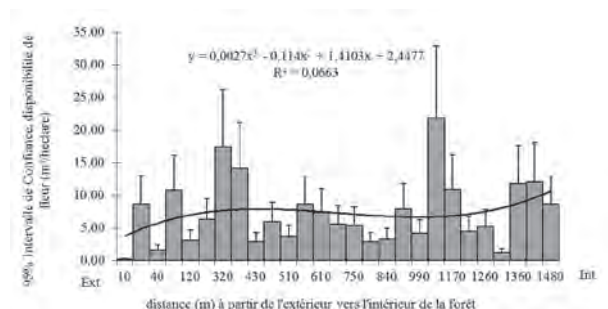


Fig. 7: Effet de la lisière sur les fleurs disponibles.

jusqu'à 950 m vers l'intérieur du Parc National Andringitra. La condition microclimatique est favorable au voisinage de la lisière dans le Parc National Andringitra. Le microclimat a un rôle important dans le processus écologique et dans les différents habitats forestiers où vivent les lémuriens. Le microclimat varie selon les différentes conditions de la saison (Chen *et al.*, 1999). Par exemple, le Parc National Andringitra est presque influencé par la variation inégale de l'humidité entre les deux périodes, c'est-à-dire que l'humidité varie environ de 15 à 40% pendant la première période (entre septembre et novembre), de 25 à 60% à la seconde période (entre mars et mai). L'ampleur de l'influence de la lisière sur le microclimat est vague (Kapos, 1989; Ranney *et al.*, 1981). Dans le cas général, les lisières sont associées à une moins forte humidité de l'air et du sol, des températures de l'air et du sol plus élevées et sont plus exposées à la lumière que l'intérieur du bois (Alignier, 2010). En observant la variation des variables microclimatiques dans le Parc National Andringitra, cette constatation semble être vérifiée. La lisière joue ainsi un rôle dans la modification de ces variables. Certains chercheurs, Camargo et Kapos en 1995, ont étudié le microenvironnement et ont trouvé que le microclimat dans la forêt a été influencé par le changement de l'effet de lisière. Par la suite, le microclimat influence la production des fruits à l'intérieur de la forêt, et *Eulemur rufifrons* suivait cette disponibilité de nourritures. Il ressort alors que la réponse de l'espèce face à l'effet du bord est alors variable et serait plutôt élastique.

Remerciements

Qu'il nous soit permis tout d'abord de remercier les personnes et les institutions auxquelles nous tenons à exprimer notre gratitude: la Fondation Mac Arthur USA de nous avoir appuyé financièrement lors de cette étude; tous les responsables du Projet Mac Arthur qui ont contribué de près ou de loin dans la réalisation de ce projet à Madagascar. Nos remerciements s'adressent également à la Direction du Parc National Andringitra et Réserve Spéciale du Pic d'Ivohibe, à tous les personnels et agents de

Madagascar National Parks Ambalavao Fianarantsoa, à tous les notables et autorités locales de la Commune Rurale de Sendrisoa.

Références

- Alignier, A. 2010. Distribution des communautés végétales sous l'influence des lisières forestières dans des bois fragmentés. Thèse du doctorat, Université de Toulouse.
- Camargo, J.L.C.; Kapos, V. 1995. Complex edge effects on soil moisture and microclimate in central Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology* 11: 205-221.
- Chen, J.; Saunders, S.C.; Crow, T.R.; Naiman, R.J.; Brososfske, K.D.; Mroz, G.D.; Brookshire, B.L.; Franklin, J.F. 1999. Microclimate in forest ecosystem and landscape ecology. *BioScience* 49: 288-297.
- Harper, K.A.; Macdonald, S.E.; Burton, P.J.; Chen, J.Q.; Brososfske, K.D.; Saunders, S.C.; Euskirchen, E.S.; Roberts, D.; Jaiteh, M.S.; Esseen, P.A. 2005. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. *Conservation Biology* 19: 768-782.
- Ingraldi, C. 2010. Forest fragmentation and edge effects on eight sympatric lemur species in southeast Madagascar. Ph.D.thesis, University of Calgary, Alberta.
- Kapos, V. 1989. Effect of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology* 5: 173-185.
- Laurance, W.F.; Bierregaard, R.O. 1997. Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities. University of Chicago Press.
- Lehman, S.M. 2006. Effects of transect selection and seasonality on lemur density estimates in southeastern Madagascar. *International Journal of Primatology* 27: 1041-1057.
- Lehtinen, R.M.; Ramanamanjato, J.-B.; Raveloarison, J.G. 2003. Edge effects and extinction proneness in a herpetofauna from Madagascar. *Biodiversity and Conservation* 12: 1357-1370.
- Mac Nally, R. 2000. Regression and model-building in conservation biology, biogeography and ecology: the distinction between - and reconciliation of - 'predictive' and 'explanatory' models. *Biodiversity and Conservation* 9: 655-671.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 58-62.
- Overdorff, D.J. 1998. Are *Eulemur* species pair-bonded? Social organization and mating strategies in *Eulemur fulvus rufus* from 1988-1995 in southeast Madagascar. *American Journal of Physical Anthropology* 105: 153-166.
- Overdorff, D.J. 1993. Similarities, differences and seasonal patterns in the diets of *Eulemur rubriventer* and *Eulemur fulvus rufus* in the Ranomafana National Park, Madagascar. *International Journal of Primatology* 14: 721-753.
- Ranney, J.W.; Bruner, M.C.; Levenson, J.B. 1981. The importance of edge in the structure and dynamics of forest islands. Pp. 67-95. In R.L. Burgess; D.M. Sharpe (eds.). *Forest island dynamics in Man-dominated landscapes*. Springer-Verlag, New York.
- Rosenberg, K.V.; Raphael, M.G. 1986. Effect of forest fragmentation on vertebrates in douglas-fir forests. Pp. 263-272. In J. Verner; M.L. Morrison; C.J. Ralph (eds.). *Wildlife 2000. Modeling habitat relationships of terrestrial vertebrates*. The University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin.
- Shirley, H.L. 1929. The influence of light intensity and light quality upon the growth and survival of plants. *American Journal of Botany* 16: 354-390.
- Shirley, H.L. 1945. Light as an ecological factor and its measurement. *Botanical Review* 1: 497-532. 16: 354-390.
- Sih, A.; Jonsson, B.G.; Luikart, G. 2000. Do edge effects occur over large spatial scales? *Trends in Ecology and Evolution* 15: 134-135.
- Whitesides, G.H.; Oates, J.F.; Green, S.M.; Kluberanz, R.P. 1988. Estimating primate densities from transects in a West African rain forest: a comparison of techniques. *Journal of Animal Ecology* 57: 345-367.

Activity budgets, feeding and habitat preferences and home range size of Verreaux's sifaka (*Propithecus verreauxi*)

Louise Wilson¹*, Barry Ferguson²

¹University of Glasgow, Graham Kerr Building, Glasgow, G12 8QQ

²Libanona Ecology Centre BP42, Fort Dauphin (614), Anosy Region, Madagascar

*Corresponding author: louwheez@hotmail.com

Key words: Verreaux's sifaka, lemur, endangered, disturbance, conservation, research, protection

Abstract

Malagasy lemurs are under great threat from destruction to their habitat, and it is essential to understand how this degradation impacts on them in order to conserve them. The behaviour of two groups of a total of 9 Verreaux's sifaka (*Propithecus verreauxi*) was observed from 2nd-29th July 2012 in Mahavelo, southern Madagascar. The study was conducted in two habitats, one subject to selective logging and grazing, the other being largely untouched by disturbance. The sifaka group in the disturbed habitat was found to have a home range size 3-fold that of the group in the less disturbed habitat. Activity budgets were not found to be statistically significant between groups, though 'Site' and 'Time of Day' combined was found to be a significant explanatory variable for variation in activity budgets. The lemurs at site B (less disturbed) were found to feed on a much larger range of plant species than those at site A (disturbed), and were also found to feed for slightly longer, though this difference was not significant and could potentially be explained by the pregnancy of one of the individuals at site B (less disturbed). These findings suggest that *P. verreauxi* tolerate habitat fragmentation by broadening their home range and focusing their feeding requirements on a smaller number of important plant species. Future studies should look at the behaviour of a larger number of Verreaux's sifaka groups at Ifotaka on an annual timescale and quantify more accurately the impact of habitat destruction.

Introduction

Verreaux's sifaka are strepsirrhines found in the southern region of Madagascar, where they live in multi-male multi-female groups of 2-12 individuals (Richard, 1985). Having recently had their IUCN status changed from Vulnerable to Endangered, it is clear that the threat to Verreaux's sifaka (*Propithecus verreauxi*) is concerning. As a result of habitat degradation and exploitation, the total population is estimated to have declined by 30% in 30 years (IUCN, 2012). Verreaux's sifaka mainly consume leaves, have a diet low in energy and are primarily arboreal, thus are very sensitive to the effects of habitat destruction (Norscia *et al.*, 2010). Simmen *et al.* (2012) found that the abundance of primates in an area, including *P. verreauxi*, can be predicted from the nutritional quality of the leaves present. One reason that quality is so important to sifakas is that being herbivorous, they have to deal with the consequences of digesting toxins in their food (Norscia *et al.*, 2006). With such a complex diet, gaining their nutrients from a wide range of trees, it is difficult to replicate the diet of Verreaux's sifaka in captivity, for which reason it is especially important to protect this species in the wild. Deforestation and habitat loss are important factors concerning the lemurs of Madagascar, and so it is essential to understand the range they require in order to implement effective conservation

measures. Home range is defined as the area which a group travels to fulfill its dietary needs (Wieczkowski, 2006). Home range size fluctuates with feeding competition between group members, and a larger group may force itself to travel further to match its requirements. Richard (1985) states that the home range of sifakas is relatively small, from 1-8.5ha, but notes the strength of the borders between home ranges differs across various sifaka habitats. In cases of habitat destruction, smaller home ranges may result as a consequence of fragmentation causing barriers to dispersal. Impacts on the behaviour of primate species as a result of habitat destruction and human presence have been noted in lion-tailed macaques (Menon and Poirier, 1996; Fan *et al.*, 2008; Hanya, 2004) and baboons (Iwamoto and Dunbar, 1983).

Methods

The present study took place in Mahavelo, a small area in southern Madagascar, contained in the Ifotaka-North protected area established in 2006 (Fig. 1). The fieldwork was carried out from 2nd-29th July 2012, and so took place during the dry season. The study was conducted in two sites: site A (disturbed: selective logging and grazing) and site B (less disturbed). The relative disturbance of each area was estimated using a list of disturbance factors (Fig. 2). The disturbed site was home to a *P. verreauxi* group of 4 individuals, the less disturbed site was home to a group of 5 individuals. At both sites the presence of *Lemur catta* was noted. Habituation was carried out prior to the beginning of the study to allow close following of the lemurs. An analysis of the density of the habitat at each site was made using the PCQ method (Mitchell, 2007).

Activity budgets

Instantaneous scan sampling (Altmann, 1974) was used to obtain activity budget data, allowing discrete independent behavioural data points to be collected on the activity budgets of the two Verreaux's sifaka groups studied. Verreaux's sifaka are diurnal, so observations were made from 7.25am-6pm. Our method involved following both groups all day from when they woke until they went to sleep, collecting data on every individual within sight upon the scheduled scan, thus providing a continuous set of data. Scans were started on a 5 minute interval as soon as the sifakas were

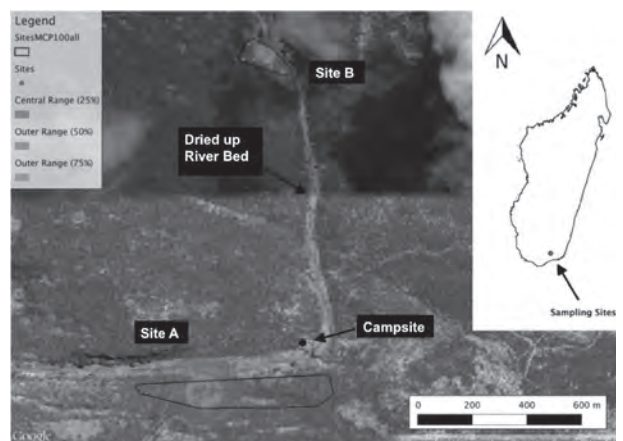


Fig. 1: The home ranges of the two *P. verreauxi* groups studied. A river runs between the two sites, which was dry during the period of the present study. The present study's campsite was located close to site A. "SitesAMCPI00all" shows the Minimum Convex Polygons used to calculate home range size. For a colour image, please contact Louise Wilson on louwheez@hotmail.com

	1	2	3	4
Evidence of Grazing	No evidence of grazing by ungulates-no droppings; footprints or grazing traces	Few footprints, droppings or grazing (not significant to alter forest composition)	Definite footprints, droppings, or grazing but original forest composition not drastically damaged	Many footprints, droppings, and grazing that has altered the area in a drastic way
Paths/Roads and Fences	No paths/roads or fences present	1-2 small paths or fences, no roads	2-3 paths or fences and possibly a road	>3 paths or fences, and roads
Selective Logging/Burning	No burnt trees or cut stumps	1-2 cut or burnt stumps, forest composition intact	Cut and burnt stumps present, and/or plank making evidence	Cleared or burned areas
Invasive Species	No species of cactus or sisal plants	A couple of species of cactus or sisal plants, but not significant numbers	Increased populations of cactus or sisal plants-but not the dominant species	More than half of plant species are invasive
Overall Forest Quality	Hardly disturbed (4-5)	Some disturbance (total 6-9, all <4)	Disturbed (total 10-13)	Very disturbed (total 14-16)

Fig. 2: List of factors used to analyse presence of disturbance in PCQ Method (Mitchell, 2007).

Resting	Inactive (RI)	Stationary. Eyes open, head down.
	Alert (RA)	Stationary. Eyes open, head up.
	Basking in sun (RB)	Stationary. Sitting in upright position exposed fully to sunlight.
	Scratch (RS)	Stationary. Hand or food being used to relieve some itch.
	Self-groom (RG)	Stationary. Tooth comb being passed over own fur.
Feeding	Feeding (F)	Actively searching for, holding, or masticating something to be swallowed. Swallowing.
Social	Groom (SG)	Engaged in allogrooming (toothcomb passing through fur), giving and/or receiving.
	Aggression (SA)	Engaged in some hostile encounter, possible chatter-squeal.
	Vocalization (SV)	Engaged in some audible call to communicate with group.
	Scent-mark (SS)	Engaged in rubbing scent gland (sternal gular or ano-genital) on some object or gouging tree with teeth with intention of leaving some scent.
	Play (SP)	Engaged, close physical contact with some other individual that does not resemble rhythmic grooming or aggression.
Travelling	Within tree (TW)	Moving along/between branches within the same tree
	Tree to tree (TT)	Moving between two trees
	Pause (TP)	Moving, currently stopped <10 seconds.

Fig. 3: Ethogram of behaviours performed by *P. verreauxi*.

located, and taken every 5 minutes from then on, noting the behaviour of each individual at that time according to a behavioural ethogram (Fig. 3). The data produced from this method provided an insight into how the sifaka groups partition their time throughout the day, and enabled us to analyse activity budgets between groups.

Feeding preferences

Focal sampling was employed to obtain information on diet. Start and stop times were recorded for feeding and defecation bouts, along with the plant species and part of plant consumed being noted in instance of feeding. When individuals were found to be utilising the same tree for >10 minutes, then said tree was marked and its GPS point recorded. The individual being followed was rotated each day. Individuals were identified by their facial features, size and fur colour. Males are distinguishable from females by their sternal gland, a brown patch on their chest.

Home range

The locations of lemur-used trees (used for >10 minutes) were recorded using GPS technology. These trees are represented by the red dots in Fig. 1, allowing calculation of

home range size using a minimum convex polygon (MCP) in QGIS software. An additional Minimum Convex Polygon encompassing 90% of the data points was used to calculate the size of the central range.

Habitat preferences

Four 50m transects were marked at both sites, positioned in areas where GPS points were obtained for lemur-used trees. Measurements were taken for every tree within 1m either side of each transect. For each tree, the species, tree height, circumference at 0.3m and circumference at 1.3m were recorded. These data provided detailed information on the overall forest structure of the two spiny forest habitats used by each sifaka group.

The PCQ method (Mitchell, 2007) was used to determine if the Verreaux's sifaka groups studied selected particular trees from the wider selection of trees available in the spiny forest, or if instead their tree selection was random. Linear transects were laid out in lemur territory, marked at 50m intervals, where centre trees were located randomly perpendicular to the transect. This was then repeated, but using lemur-used trees as centre trees instead of randomly selected trees. For each centre tree, the relative disturbance of the area was estimated using a list of disturbance factors (Fig. 2).

Statistical analyses

QGIS software was used to calculate home range and central range (ha). The total number of scans recorded was used to calculate a percentage of the number of scans spent in each behavioural category at both sites, similarly the total amount of time spent feeding in seconds was summed and used to calculate the percentage of time spent feeding.

Results

Home range

Tab. 1 shows the results of the minimum convex polygon (MCP) calculations carried out in QGIS to establish home range and central home range size. These results show that the home range size of the lemurs at the disturbed site is larger than that of the lemurs at the less disturbed site.

Habitat preferences

Data on feeding preferences is displayed in Tab. 2. Of the 45 tree species available at the disturbed site, 13 were used by the lemurs for feeding, sleeping, resting or other.

Tab. 1: Home range size and central home range size of *P. verreauxi* groups at sites A (disturbed) and B (less disturbed).

Site	Home Range (ha)	Central Range (ha)
A	5.53	3.08
B	1.37	0.85

Tab. 2: Summary of data on vegetation at sites A (disturbed) and B (less disturbed).

	Home Range Size (ha)	Tree Species Available	% Tree Species Available That Are Lemur-Used	Average Height of Trees Available (m)	Average Height of Lemur-Used Trees (m)
Site A	5.53	45	28.89	3.52	7.82
Site B	1.37	48	20.63	3.45	7.58

An additional 2 species not recorded in the vegetation survey were used by the lemurs: Fatra and Moharoake. This shows the vegetation survey does not represent all of the trees available at site A, but it provides a good indication of the diversity available. At the less disturbed site, 48 tree species were recorded in the vegetation survey, 10 were used by the lemurs. An additional 9 species (Daro Sengatse, Hazomby, Katrafay, Kobahy, Sakoandalitse, Siro Siro, Taly Forokoko, Tsangtsand, Vionoanga) were used by the lemurs that were not recorded in the vegetation survey.

Trees present at both sites showed a range of heights from 0-15m. The majority of trees used by the lemurs at both sites were 5-9.5m in height.

Activity budgets

Variation in activity budgets throughout the day are shown in Fig. 4 and Fig. 5 for the disturbed and less disturbed sites respectively.

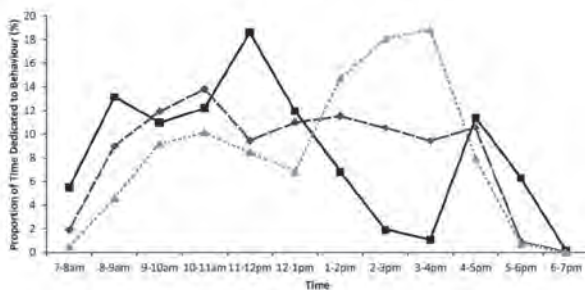


Fig. 4: Proportion of time dedicated to the top 3 behavioural categories throughout the day at site A (disturbed) (Resting Alert=dark grey and thick dashes, Resting Inactive=black and solid, Feeding=light grey and small dashes).

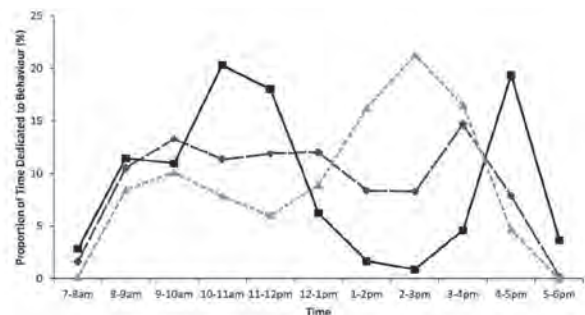


Fig. 5: Proportion of time dedicated to the top 3 behavioural categories throughout the day at site B (less disturbed) (Resting Alert=dark grey and thick dashes, Resting Inactive=black and solid, Feeding=light grey and small dashes).

Feeding preferences

A total of 55 hours, 19 minutes and 39 seconds was dedicated to feeding at the disturbed site across the study period; 33 hours, 11 minutes and 31 seconds of feeding time was recorded at the less disturbed site. These data were then used to calculate the percentage of time spent feeding explained by time of day and site. The data were analysed using a General Linear Model with time spent feeding (%) as the response variable. The residuals were analysed to ensure they followed a normal distribution, representative of a bell-shaped curve, and that a transformation of the data was not required.

At the disturbed site, time spent feeding was significantly longer in the afternoon compared to the morning

($F_{(1,46)} = 18.38, P < 0.001$). Animals observed in the morning spent an average of $1.49 \pm 0.15\%$ of the time feeding; animals observed in the afternoon spent an average of $2.5 \pm 0.18\%$ of the time feeding. Time of day accounted for almost 29% of the variation in time spent feeding.

Similarly at the less disturbed site, time spent feeding was significantly longer in the afternoon compared to the morning ($F_{(1,43)} = 17.02, P < 0.001$). Animals observed in the morning spent an average of $1.56 \pm 0.24\%$ of the time feeding; animals observed in the afternoon spent an average of $2.99 \pm 0.25\%$ of the time feeding. Individuals accounted for almost 28.83% of the variation in time spent feeding.

Discussion

Home range is an important factor to look at when studying the behavioral ecology of a primate species as it is influenced by the distribution of feeding material, group size, age/sex composition of group, and can provide information on the distances travelled and the size of a species' territory. The home range of the lemur groups at the disturbed and less disturbed sites was found to be 5.53ha and 1.37ha respectively (Fig. 5), thus the home range at the disturbed site is over 300% larger than the home range at the less disturbed site. The central range of the disturbed group was found to be larger than the entire home range of the less disturbed group. This perhaps shows the extent to which the lemurs have had to expand their home range in order to cope with habitat disturbance. A larger home range suggests the lemurs are more active and have to travel further each day to access the species they require to feed and sleep on. However, the size of group and age-sex composition of the group can also influence home range size. Similar results have been found with Milne-Edwards' sifaka in Ranomafana National Park (*Propithecus edwardsi*) (Gerber et al., 2012).

The vegetation survey highlighted that there was at least 45 different tree species available at the disturbed site and at least 48 tree species available at the less disturbed site (Fig. 5). Of the tree species recorded in the vegetation data, the PCQ method indicated that only 13 (28.89%) were used by the lemurs at the disturbed site and only 10 species (20.83%) were used at the less disturbed site. This information suggests that the lemurs are showing a clear preference for particular species of trees out of the wider set of trees available. Furthermore there was clear commonality in the tree species being used by the lemurs at each site. Of the tree species used, 10 were common to both sites: Daro Sengatse, Fantiolotse, Fihane, Katrafay, Kolohoto, Lambigna, Mang, Siro siro and Taly Forokoko. This commonality in lemur-used trees could simply be due to the composition of the habitat, and suggests that the selective logging present in Ifotaka at the disturbed site has not yet had a significant impact on the species requirements. Harris and Chapman (2007) studied black and white colobus monkeys in Kibale National Park, Uganda, all living in areas logged to different degrees (from unlogged to recently cleared). Distinct differences in their dependency on some food species were noticed, and the results implied that this variation was due to differences in the availability of different food items in the core ranges of the groups. The majority of trees used by the lemurs at both sites were between 5-9.9m tall. Only at the less disturbed site were there any trees used over 15m tall. There were fewer trees between 0-4.9m used by the lemurs at the disturbed site. This could suggest that as the habitat is more disturbed, the lemurs prefer to be higher. The fact that no trees over 15m were used by the lemurs at the

disturbed site, could suggest that there are very little trees over 15m present there.

At the disturbed site, the behavioural categories occupying the majority of the activity budget in both the morning and afternoon were 'Resting Alert', 'Feeding' and 'Resting Inactive'. A similar proportion of time was spent 'Resting Alert' in the morning and afternoon, while more time was spent 'Feeding' in the afternoon than in the morning, and more time was spent 'Resting Inactive' in the morning than in the afternoon. 'Basking' occurred only in the morning. The remaining behavioural categories accounted for a much smaller proportion of the activity budget. It is sensible that basking occurs only in the morning as that is when the sun is rising. Having the same proportion of time 'Resting Alert' during morning and afternoon suggests the lemurs are just as alert and aware of predators and disturbance in the morning as they are in the afternoon. The majority of the afternoon is spent feeding. At the less disturbed site, roughly the same proportion of time is spent 'Resting Alert' and 'Resting Inactive' in the morning; less time is spent feeding in the morning, similar to the disturbed site. Less time is spent 'Feeding' than 'Resting Alert' or 'Resting Inactive' in the morning, whereas more time is spent 'Feeding' than 'Resting Alert' or 'Resting Inactive' in the afternoon. So overall the morning and afternoon activity budgets for the disturbed site and less disturbed site are very similar. Similar results have been found for brown spider monkeys (*Ateles hybridus*) of Columbia studied by Abondano and Link (2012). Menon and Poirier (1996) found that lion-tailed macaques (*Macaca silenus*) in a forest fragment spent more time ranging than resting or feeding, contrary to control groups in protected forest. It could therefore be expected that the lemurs at less disturbed site would be less active overall, spending more time resting, than those at the disturbed site as they live in a less disturbed habitat and aren't required to travel as much to reach their feeding trees. Furthermore, in baboon groups it has been found that enhanced quality of habitat is positively correlated with decreased feeding and increased resting (Iwamoto and Dunbar, 1983). Gorilla groups studied by Watts (1988) were found to display decreased feeding and moving in a less disturbed habitat.

14 plant species were recorded being fed on by lemurs at the disturbed site for >10 minutes during focal sampling. 11 plant species were recorded being fed on by lemurs at the less disturbed site for >10 minutes during focal sampling. It was the GPS locations of these trees that were used to mark home range. 39 species of feeding tree were recorded at the disturbed site, 56 species of feeding tree were recorded at the less disturbed site. This could suggest that the lemurs at the less disturbed site have a wider variety of plant species available to them that they choose to exploit. In Francois' langurs, a more diverse diet was found in animals in a disturbed area in Mayanghe Nature Reserve compared with animals in a less disturbed area (Hu, 2011). However, it may be true that the Verreaux's sifaka in the present study are inclined to have a broader diet where possible, as by feeding on a larger number of species, they are limiting their intake of any species-specific toxic compounds that they may be exposed to (Hu, 2011). Analysis using a General Linear Model showed that there was no significant difference in time spent feeding between individuals at the disturbed site or the less disturbed site. This is surprising when looking at the less disturbed site, as Fotivavy was found to be pregnant at the end of the study and gave birth on 25th July 2012, 4 days before the present study ended.

Acknowledgements

I would like to thank the entire staff and student body present at the Mahavelo campsite, and Operation Wallacea, for making this research project possible. I am also very grateful to local guides Voriorike, Vakisoa, Marolahy, Tamisoa and Tsimivake for their identification of local plant species. Without financial support from Glasgow Natural History Society, The Alexander Cross Trust, Spicers' Trust, and the University of Glasgow I would not have been able to complete my research project. I would like to thank Barry Ferguson for his support in and out of the field. I am also very thankful to Dr. Isabel Coombs for her guidance along the way. Many thanks to Dr. Andrew Watts for leading me through the process of statistical analysis and Robert Critchlow for his patient instruction in GPS mapping. Lastly I would like to thank my friends for their continued interest and support throughout this process, you know who you are.

References

- Abondano, L.A.; Link, A. 2012. The social behaviour of brown spider monkeys (*Ateles hybridus*) in a fragmented forest in Colombia. *International Journal of Primatology* 33: 769-783.
- Altmann, J. 1974. Observational study of behavior; sampling methods. *Behaviour* 49: 227-267.
- Fan, P.; Ni, Q.; Sun, G.; Huang, B.; Jiang, X. 2008. Seasonal variations in the activity budget of *Nomascus concolor jingdongensis* at Mt. Wuliang, Central Yunnan, China: effects of diet and temperature. *International Journal of Primatology* 29: 1047-1057.
- Gerber, B.D.; Arrigo-Nelson, S.; Karpanty, S.M.; Kotschwar, M.; Wright, P.C. 2012. Spatial ecology of the endangered milne-edwards' sifaka (*Propithecus edwardsi*): do logging and season affect home range and daily ranging patterns? *International Journal of Primatology* 33: 305-321.
- Hanya, G. 2004. Seasonal variations in the activity budget of Japanese macaques in the coniferous forest of Yakushima: effects of food and temperature. *American Journal of Primatology* 63: 165-177.
- Harris, T.R.; Chapman, C.A. 2007. Variation in diet and ranging of black and white colobus monkeys in Kibale National Park, Uganda. *Primates* 48: 208-221.
- Hu, G. 2011. Dietary breadth and resource use of Francois' Langur in a seasonal and disturbed habitat. *American Journal of Primatology* 73: 1176-1187.
- IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species, *Propithecus verreauxi*. <http://www.iucnredlist.org/details/18354/0> Accessed 24th October 2012.
- Iwamoto, T.; Dunbar, R.I.M.D. 1983. Thermoregulation, habitat quality and the behavioural ecology of Gelada baboons. *Journal of Animal Ecology* 52: 357-366.
- Menon, S.; Poirier, F.E. 1996. Lion-tailed macaques (*Macaca silenus*) in a disturbed forest fragment: activity patterns and time budget. *International Journal of Primatology* 17: 969-985.
- Mitchell, K. 2007. Quantitative analysis by the point-centered quarter method. <http://people.hws.edu/mitchell/PCQM.pdf> Accessed 10th May 2012.
- Norscia, I.; Carrai, V.; Borgognini-Tarli, S.M. 2006. Influence of dry season and food quality and quantity on behaviour and feeding strategy of *Propithecus verreauxi* in Kirindy, Madagascar. *International Journal of Primatology* 27: 1001-1021.
- Norscia, I.; Palagi, E. 2010. Fragment quality and distribution of the arboreal primate *P. verreauxi* in the spiny forest of south Madagascar. *Journal of Tropical Ecology* 27: 103-106.
- Richard, A.F. 1985. Social boundaries in a Malagasy prosimian, the sifaka (*Propithecus verreauxi*). *International Journal of Primatology* 6: 553-567.
- Simmen, B.; Tarnaud, L.; Hladik, A. 2012. Leaf nutritional quality as a predictor of primate biomass: further evidence of an ecological anomaly within prosimian communities in Madagascar. *Journal of Tropical Ecology* 28: 141-151.
- Watts, D.P. 1988. Environmental influences on mountain gorilla time budgets. *American Journal of Primatology* 15: 195-211.
- Wieczkowski, J. 2006. Examination of increased annual range of a tana mangabey (*Cercocebus galeritus*) group. *American Journal of Physical Anthropology* 128: 381-388.

Distribution and abundance of three cheirogaleid species in Menabe Central, western Madagascar

Livia Schäffler^{1*}, Peter M. Kappeler¹

¹Behavioral Ecology & Sociobiology Unit, German Primate Center, Göttingen, Germany

*Corresponding author: livia.schaeffler@ireus.uni-stuttgart.de

Key words: population ecology, inventory and monitoring, lemur conservation, *Cheirogaleus medius*, *Mirza coquereli*, *Phaner pallescens*

Abstract

The largest remaining tract of western dry deciduous forest in Madagascar is located in the region of Menabe Central and harbors a species-rich lemur community. The distribution and abundance of lemur species have never been assessed across the forests of the Menabe Central. We therefore surveyed populations of three species of the family Cheirogaleidae (*Cheirogaleus medius*, *Mirza coquereli*, *Phaner pallescens*) via distance sampling on 35 1-km line transects to estimate overall population densities and to investigate the regional distribution against the backdrop of anthropogenic activities. Corresponding to species-specific ecological demands, we documented divergent spatial population structures for the three species across Menabe Central. *Cheirogaleus medius* occurred in comparably high population densities in all forest regions, whereas the abundance of *M. coquereli* and *P. pallescens* was substantially lower and their distribution more heterogeneous. Moreover, regional distribution patterns revealed differential susceptibilities to human impact: *C. medius* largely relies on non-degraded habitat and both *C. medius* and *P. pallescens* avoid human environments spatially. In contrast to results of earlier studies, *M. coquereli* appeared to be fairly resilient to disturbances. Thus, this cheirogaleid assemblage varied in composition across heterogeneous habitats and was deprived where anthropogenic pressure was particularly intense. In order to prevent biodiversity loss in Menabe Central, effective protection of Kirindy and Ambadira Forests, and the narrow remaining forest corridor connecting them, will be crucial.

Introduction

Environmental characteristics determine species' distribution and abundance on various scales: the biogeographic distribution of terrestrial species is principally determined by abiotic factors, such as latitude, altitude, or aridity (e.g. Brown et al., 1996). On a smaller spatial scale, biotic factors determine the regional to local carrying capacity of the habitat, and therefore the maximum population density in equilibrium (e.g. Verhulst, 1938; in Seidl and Tisdell, 1999). Interactions of habitat content, i.e. essential habitat features and resources, as well as coexisting species, and context, i.e. the size of patches and their position relative to other patches, determine spatial population structure in small mammals (Schweiger et al., 1999; Fischer and Lindenmayer, 2007). Consequently, habitat alterations may impact species distribution by various means: species abundance and α -diversity in small isolated patches are generally lowered (e.g. Pardini et al., 2005) due to (1) altered habitat content, and (2) changed patch context that affects movements on various scales.

Species differ in resilience to habitat alteration, which is determined by a variety of intrinsic characteristics. Wide

biogeographic distributions provide space for stable core populations, so that species with large-ranges experience low levels of demographic stochasticity (Enquist et al., 1995) and are less prone to anthropogenic disturbances (Swihart et al., 2003). Broad ecological niches are even more important for resilience: generalists are less susceptible to disturbances than specialists as they are able to cope with increased variation in food availability and capable of using matrix habitat for migration (Swihart et al., 2006). Additional behavioral characteristics affect species' vulnerability to habitat alterations, such as the social organization of species in relation to the amount of space required (e.g. Lawes et al., 2000), or sensory capabilities that limit the perception of and therefore dispersal to suitable patches (Zollner, 2000) and the ability of predators to successfully track prey (Swihart et al., 2001).

Lemurs are characterized by high α -diversity, and their species assemblages often comprise several closely related species. Compared with other primates, lemurs occur in high population densities, and therefore afford opportunities to study population and community ecology on a larger spatial scale. However, despite high conservation priority and great research attention directed to lemurs (Schwitzer et al., 2013), there is a lack of studies assessing lemur responses to anthropogenic disturbances (Irwin et al., 2010). Lemur responses to moderate habitat alteration depend on specific ecological demands (Lehman et al., 2006a). Intermediate disturbance levels may temporarily increase forest productivity and mitigate the problem of "resource dilution" (Ganzhorn et al., 1997; Irwin et al., 2010; Miller et al., 2011). Slightly degraded secondary forests may serve as buffer zones for smaller, omnivorous lemurs, whereas more intense degradation usually causes species extinctions by shortage of food, as well as of travelling and resting facilities (Ganzhorn, 1987; Ganzhorn et al., 1999). Susceptibility of lemurs to extinction from fragments increased with body mass and degree of frugivory (Ganzhorn et al., 2003; Irwin and Raharison, 2009), whereas resilience was promoted primarily by behavioral plasticity (Irwin et al., 2010).

The western dry deciduous forests of Madagascar outrank other forest types in terms of local endemism and certain anthropogenic pressures. Five cheirogaleid species coexist in the dry deciduous forest of Menabe Central (lat S -19 46.000 to -20 20.000; lon E 44 29.000 to 44 60.000; Fig. 1), the largest remnant of Malagasy dry deciduous forest. Aside from two species of mouse lemurs (*Microcebus murinus* and *M. berthae*; Schmid and Kappeler, 1994; Rasoloarison et al., 2000), the taxonomic assemblage includes the fat-tailed dwarf lemur (*Cheirogaleus medius*), Coquerel's dwarf lemur (*Mirza coquereli*), and the pale fork-marked lemur (*Phaner pallescens*). The populations of these species have never been surveyed across Menabe Central, prompting us to determine their distribution and abundance in relation to anthropogenic disturbances.

Cheirogaleus medius is particularly vulnerable to habitat fragmentation, as individuals disperse only over short distances, and gene flow between subpopulations is limited (Fredsted et al., 2007). In Menabe, *C. medius* was not found in forest fragments smaller than 600 ha, but the species was considered to be able to occupy smaller fragments in other forest types (Ganzhorn et al., 2003). Still relatively common across western and southern Madagascar, *C. medius* is listed as "Least Concern" in the IUCN Red List of Threatened Species; however, given the impact of habitat loss within the range of this species, it is likely that *C. medius* is currently in decline (Andriaholinirina et al., 2014).

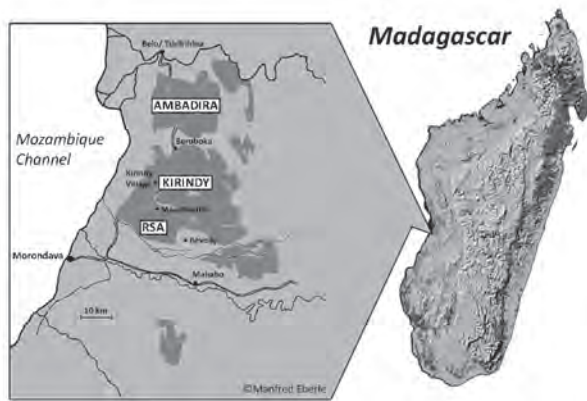


Fig. 1: Location of Menabe Central.

Mirza coquereli's population is suspected to have been reduced by $\geq 50\%$ over the past 10 years, largely due to substantial loss and degradation of dry forest habitat across the species' range in western Madagascar; as causes have not ceased, the population decline is expected to continue in the future, and the species is now listed as "Endangered" (Andriaholinirina et al., 2014). On a regional scale, *M. coquereli* inhabits forest fragments down to a size of 6 ha (Ganzhorn et al., 2003). The species' long-term persistence may essentially depend on migration between local populations to recover from local population declines (Kappeler et al., 2002; Markolf et al., 2008).

Phaner pallescens has the largest range of any *Phaner* species along the narrow strip of western dry deciduous forests and is thought to be common and somewhat adaptable (Hladik et al., 1980; Charles-Dominique and Petter, 1980; Schülke, 2003). However, this species is also in decline due to habitat loss across its entire range, and consequently listed as "Endangered" (Andriaholinirina et al., 2014).

Excessive land clearances in Menabe Central have been continuously transforming pristine habitat into secondary forest formations, scrub, and savanna (Sorg et al., 2003), reducing forest area at annual rates of up to 2.55% (Zinner et al., 2013). The major forest fragments in the area, Ambadira and Kirindy Forest, are connected by a narrow corridor of 5 to 7 kilometers width, and are largely segregated from Réserve Spéciale Andranomena (RSA see Fig. 1).

Methods

Surveys

In order to obtain occurrence data suited to assess population structure and tolerance to heterogeneous habitats (Vos et al., 2001; Swihart et al., 2003), we surveyed these three cheirogaleid species by repeated transect walks between 2003 and 2007. We established several 1-km line transects in the three forest parts and the above-mentioned corridor. Owing to the remoteness of some of the areas, transects were not evenly distributed across regions. In total, we sampled 34 transects during dry season (Ambadira $n=5$, Corridor $n=6$, Kirindy $n=19$, RSA $n=4$), and 25 during rainy season surveys (Ambadira $n=4$, Corridor $n=6$, Kirindy $n=11$, RSA $n=4$). Along those transects, we surveyed *M. coquereli* and *P. pallescens* over four dry (Jun-Sep 2003, 2004, 2006, 2007) and two rainy seasons (Feb-Apr and Oct-Dec 2007) by distance sampling (Buckland et al., 2001). *Cheirogaleus medius* was only included in rainy season surveys, as the species hibernates during the entire dry season (Dausmann et al., 2004).

The great majority of transects were sampled repetitively, i.e. twice per survey and several times over the entire study

period, amounting to a total of 150 1-km samples (95 during dry and 55 during rainy season surveys). In order to control for circadian variation in lemur activity, transect walks were conducted between 6:00 p.m. and 8:30 p.m. on days without rain. Two observers walked along line transects at a standardized pace of about 1 km/h, identified visually detected individuals to species level, and estimated their perpendicular distance from the transect line (Buckland et al., 2001). Due to only moderate encounter rates, we can confidently exclude the possibility that individuals of any species were counted twice. To take differential habitat suitability and disturbance levels into account, we assessed the degradation of the forest surrounding each transect based on stand and understory density, canopy height and cover, as well as on decades of familiarity with this region and its forests.

Population density estimation

Population densities from distance data were estimated in DISTANCE 6.0 (Thomas et al., 2010). Separate projects were run for each species, and, to account for divergent seasonal activity patterns and sighting conditions, season was entered as a factor covariate in the multiple covariate distance sampling engine (MCDS). As cheirogaleid encounter rates proved invariant over repetitive runs and consecutive surveys within dry and rainy seasons, respectively (Schäffler, 2012), transects were prolonged corresponding to sampling effort, yielding mean estimates from all transect walks. Transects represented "samples" in DISTANCE, surveys were treated as "strata", and all samples across Menabe Central were embodied in the "global level".

Area sizes of distinct forest regions were set to 200 km² for Ambadira, 35 km² for the corridor, 200 km² for Kirindy (with the dry season 2003 survey covering only 125 km²), and 65 km² for RS Andranomena. Appropriate grouping and right truncation effectively fixed shortcomings of data, like heaping of estimated distances on round lots and outliers, and detection curves consequently met major assumptions of distance sampling. Half-normal and hazard-rate key functions were tested in MCDS with all available series expansions, and best fit of detection functions to histograms of distance data were evaluated by visual inspection and AIC (Buckland et al., 2001). Population densities and encounter rates were estimated in DISTANCE by surveys unit (stratum level) and for the entire survey (global level); density estimates for each of the forest parts represent unweighted means of stratum level estimates (Thomas et al., 2010).

Regional distribution

Subsequent analyses were based on average encounter rates per transect rather than on density estimates as they are less fraught with assumptions. We examined the regional distribution of each species for impacts of habitat degradation and human frequentation. Dry and rainy season data were analyzed separately to document responses to temporal heterogeneities in food supply and in human frequentation. To assess the regional distribution pattern of cheirogaleids across Menabe Central, we tested specific encounter rates for differences between the regions (Kruskal-Wallis ANOVA). In order to quantify the influence of habitat quality on population densities of each species, specific encounter rates were tested for differences between degraded and non-degraded habitat (Mann-Whitney U-test). Assuming human activities to be strongest close to villages and declining with increasing distance, we used the distance from the closest village as an inverse proxy of anthropogenic disturbances, and tested it for correlations with cheirogaleid encounter rates (Spearman rank correlations).

Results

Density estimation in DISTANCE

Throughout all line transect walks, we encountered 163 *C. medius* (all during the rainy season activity), 98 *M. coquereli* (58 in dry and 40 in rainy season surveys), and 155 *P. pallescens* (110 in dry and 45 in rainy season surveys). Sample sizes were therefore sufficiently high for a good fit of detection functions in DISTANCE (Thomas *et al.*, 2009). Effective transect width after truncation of outliers differed considerably between species: *P. pallescens* individuals in the canopy could be detected and confidently identified at distances of up to 23 m, whereas maximum detection distance in *M. coquereli* and *C. medius* was only 13 m because of lower preferred height with pared visibility. Complying with reduced visibility due to dense foliage, rainy season detection probabilities were generally lower than those in the dry season and declined more rapidly with increasing distance from the transect line. Good fit of hazard-rate key function to genuinely spiked data in all cheirogaleids (Buckland *et al.*, 2001) was affirmed by low AIC, but none of the series expansions improved model fit in any species. Detection probabilities, key functions, and parameter values are given in Schäffler (2012).

Population densities across Menabe Central were estimated as

- 140 individuals per km² for *C. medius* (13.8% CV)
- 58 individuals per km² for *M. coquereli* (24.1% CV)
- 28 individuals per km² for *P. pallescens* (19.4% CV).

For a rough impression of cheirogaleids' regional distribution, we calculated unweighted means of stratum level density estimates to attain population densities for each of the forest regions (pooled per seasons over repeated surveys; Tab. 1).

Tab. 1: Unweighted means of stratum level population density estimates by forest region.

	<i>M. coquereli</i>	<i>C. medius</i>	<i>P. pallescens</i>
Forest Part	ind./km ²	ind./km ²	ind./km ²
Ambadira	126	90	20
Kirindy	16	180	32
Corridor	22	258	44
RS Andranomena	28	139	30

Regional distribution

Encounter rates in *M. coquereli* were highest in Ambadira, followed by RS Andranomena, and lowest in the corridor and Kirindy (Fig. 2), and they differed significantly between forest regions during both, dry (Kruskal-Wallis $H(3, n=34)=8.120, p=0.044$) and rainy seasons ($H(3, n=25)=10.157, p=0.017$). In contrast, no differences in encounter rates between forest regions were found for *C. medius* (rainy season: $H(3, n=25)=5.733, p=0.125$) or *P. pallescens* (dry season: $H(3, n=34)=0.162, p=0.983$; rainy season: $H(3, n=25)=2.605, p=0.457$). *C. medius* were encountered more frequently in non-degraded than in degraded habitat during rainy season surveys (MWU_{11,14}=33.0, $p=0.015$; Fig. 3). However, neither *M. coquereli* encounter rates differed between degraded and non-degraded habitat (dry season: MWU_{16,18}=135.5, $p=0.772$; rainy season: MWU_{11,14}=72.0, $p=0.809$), nor did we find differences in *P. pallescens* (dry season: MWU_{16,18}=135.5, $p=0.772$; rainy season: MWU_{11,14}=63.0, $p=0.467$). Both, *C. medius* ($r=0.391, n=25, p=0.027$) and *P. pallescens* (dry season: $r=0.572, n=34, p=0.000$; rainy season: $r=0.384, n=25, p=0.029$) evaded the proximity of villages (Fig. 4). *Mirza coquereli*'s distribution across transects, however, was not related to the distance from villages (dry season: $r=-0.052, n=34, p=0.385$; rainy season: $r=0.053, n=25, p=0.400$).

Discussion

Cheirogaleid species in Menabe Central responded divergently to habitat degradation and anthropogenic disturbances, corresponding to their differential specific ecological demands. Heterogeneity in distribution, as indicated by coefficients of variation, was greatest in *M. coquereli*, somewhat lower in *P. pallescens*, and lowest in *C. medius*. *Cheirogaleus medius* occurred in comparably high population densities in all forest regions. The observed homogeneous distribution corresponds to the species' wide dietary range (Fietz, 2003). The overall population density estimate of 180 ind./km² in Kirindy Forest exceeds the density estimate of 218 ind./km² given by Fietz (2003) based on a small-scale survey. During rainy season activity, *C. medius* relied on non-degraded habitat and avoided the vicinity of villages, similar to the negative edge response exhibited by its congener *C. major* in south-eastern Madagascar (Lehman *et al.*, 2006b).

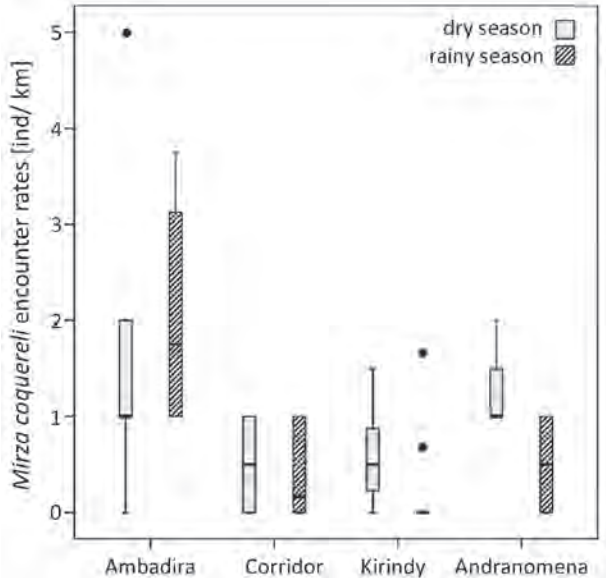


Fig. 2: *Mirza coquereli* encounter rates per forest region in dry (grey) and rainy season (striped).

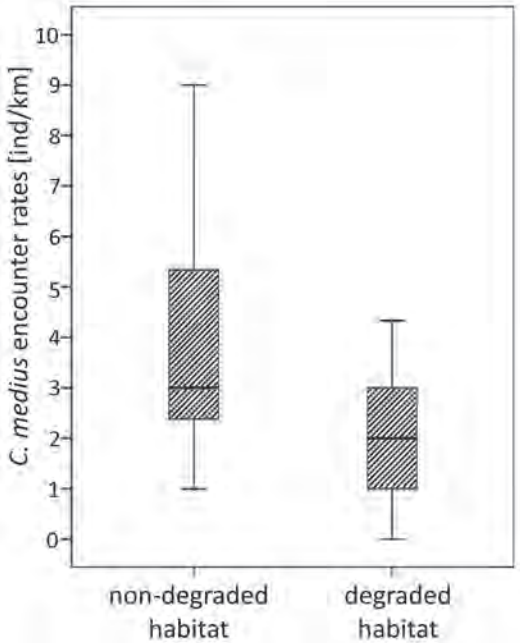


Fig. 3: *Cheirogaleus medius* rainy season encounter rates in non-degraded (n=11) and degraded (n=14) habitat.

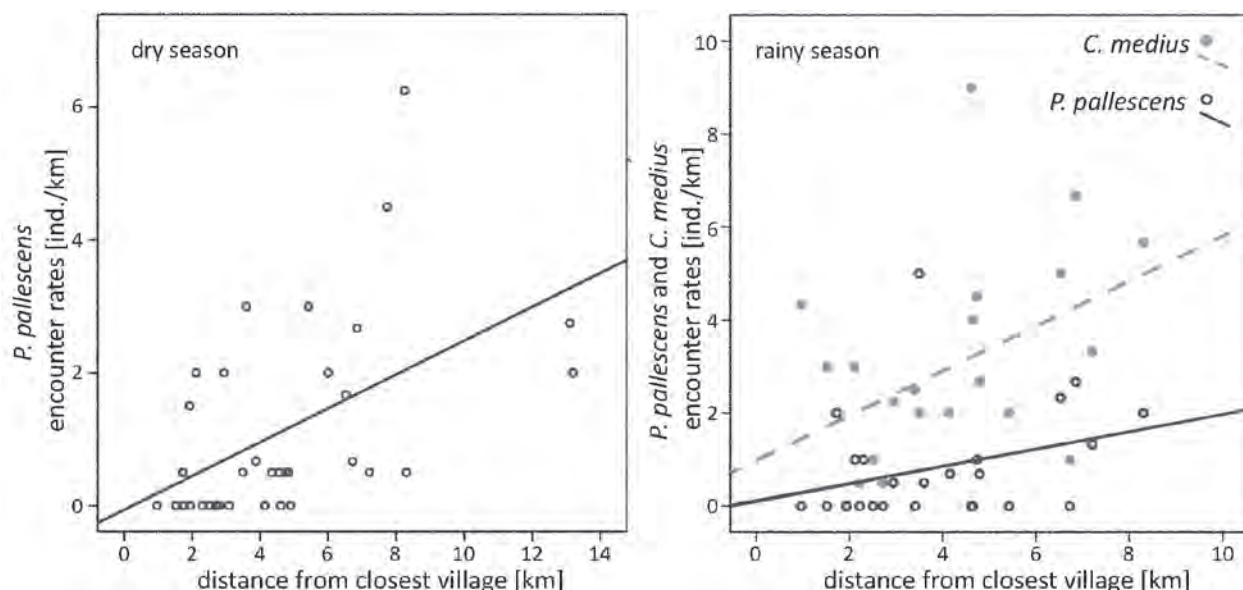


Fig. 4: Encounter rates of *P. pallescens* and *C. medius* plotted against the distance from the closest village (left: dry season, right: rainy season).

Low overall population densities in *M. coquereli* of 58 ind./km² across Menabe Central slightly exceed the early estimate of 30 ind./km² in the Marosalaza Forest (Menabe Central, west of the Route Nationale 8) by Hladik *et al.* (1980). Future studies are required to understand the pronounced heterogeneous distribution in this dietary generalist (Dammhahn and Kappeler, 2013). This species appeared to be fairly resilient to human impact, but in earlier studies, its distribution was found to be related to local changes in forest structure and composition as well (Hladik *et al.*, 1980; Kappeler, 2003). One extensively studied population in Kirindy Forest exemplifies substantial variation in local population density: stable at around 120 ind./km² for several years during the mid-1990s, the population then rapidly and steadily declined for unknown causes (Kappeler, 2003). In small forest fragments, such population fluctuations may lead to local extinction events that are compensated by high migration rates (Markolf *et al.*, 2008). Thus, continuing fragmentation may put *M. coquereli* at risk of irreversible extinctions from fragments that are too remote to allow for recolonization.

Lowest overall density and a fairly homogeneous distribution across Menabe Central were found for *P. pallescens*. A density estimate of 32 ind./km² for Kirindy Forest considerably exceeds previous estimates of 153 – 555 ind./km² that were based on line transect sampling in a smaller area (Ganzhorn and Kappeler, 1996). It remains to be shown why *P. pallescens*, which is highly specialized on gum of *Terminalia* species (Schülke, 2003), does not show a more heterogeneous distribution pattern. Encounter rates did not differ between degraded and non-degraded habitat, but the fork-marked lemur evaded the proximity of villages.

As a result of differential susceptibilities to human impact, the cheirogaleid assemblage varied in composition across heterogeneous habitats. The observed pattern is in accordance with earlier studies, which found α -diversity in lemurs to be highest at medium disturbance levels (Ganzhorn *et al.*, 1997; Ganzhorn, 1999), but to sharply decrease with more intense degradation (Ganzhorn, 1987; Smith *et al.*, 1997). Accordingly, our cheirogaleid assemblage was deprived of one or more species where anthropogenic pressure is particularly intense, i.e. west of the Route Nationale 8 and around Marofandilia and Kirindy Village (Fig. 1); pop-

ulation densities were generally low in SR Andranomena, which is clearly not appropriate as a lemur conservation site in Menabe Central. Conservation efforts should rather focus on Kirindy and Ambadira Forests, and on retaining connectivity between them by restoration of the corridor as an integral part of the recently established Menabe-Antimena Protected Area.

Our analysis of transect specific encounter rates revealed a heterogeneous distribution of cheirogaleids and their responses to anthropogenic disturbances. In contrast to earlier lemur surveys, which were mostly based on strip sampling (e.g. Sterling and Rakotoarison, 1998; Irwin *et al.*, 2001, 2005; but see Banks, 2002; Kelley *et al.*, 2007), our modeling of line transect detections in DISTANCE provides an advanced estimate of mean population density. Exceeding the minimum sample size of 60 to 80 detected individuals (Buckland *et al.*, 2001) in each of the species, our long-term survey prepared the ground for continued population monitoring of cheirogaleids in Menabe Central. With a mean detection rate of 3.0 ind./km, *C. medius* may well be surveyed within one rainy season; however, for *P. pallescens* (1.0 ind./km) and *M. coquereli* (0.6 ind./km), it would require 60 to 80 km and 100 to 130 km of transect walks, respectively, to obtain the minimum number of detections for density estimation in DISTANCE (Thomas *et al.*, 2010). Distance data from subsequent rapid surveys can now be added to our baseline data to estimate survey-wise population densities at reasonable costs. However, unfortunately, there are no short-cuts for similar future studies of other species unless encounter rates are exceptionally high.

Acknowledgements

This study was completed with financial support from the German Primate Center (DPZ), Primate Conservation Inc. (PCI), Margot Marsh Biodiversity Foundation (Conservation International), and Durrell Wildlife Conservation Trust (DWTC) and with authorization by the CAFF/CORE committee and the National Association for the Management of Protected Areas (ANGAP). We thank Léon Razafimanantsoa and Rodin Rasoloarison for logistic support and Nielsen Rabarijaona, Remy Ampataka, Raza Rakotonirina, Jean-Pierre Tolonjanahary, and Tiana Andrianjanahary for expert assistance and outstanding commitment to the surveys. One

anonymous reviewer provided comments on the manuscript that greatly improved an earlier draft.

References

- Andriaholinirina, N.; Baden, A.; Blanco, M.; Chikhi, L.; Cooke, A.; Davies, N.; Dolch, R.; Donati, G.; Ganzhorn, J.; Golden, C.; et al. 2014. *Cheirogaleus medius*/ *Mirza coquereli*/ *Phaner pallescens*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.1. www.iucnredlist.org. Downloaded on 08 July 2014.
- Banks, M. 2002. Littoral forest primate fauna in the Tolagnaro (Fort-Dauphin) region of southeastern Madagascar. *Bulletin of the American Society of Primatologists* 26: 1-8.
- Buckland, S.T.; Anderson, D.R.; Burnham, K.P.; Laake, J.L.; Borchers, D.L.; Thomas, L. 2001. Introduction to DISTANCE SAMPLING: estimating abundance of biological populations. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Brown, J.H.; Stevens, G.C.; Kaufman, D.M. 1996. The geographic range: size, shape, boundaries, and internal structure. *Annual Review of Ecological Systems* 27: 597-623.
- Charles-Dominique, P.; Petter, J.J. 1980. Ecology and Social Life of *Phaner furcifer*. Pp. 75-96. In: P. Charles-Dominique; H.M. Cooper; A. Hladik; C.M. Hladik; E. Pages; G.F. Pariente; A. Petter-Rousseaux; J.J. Petter; A. Schilling (eds.). Nocturnal Malagasy Primates. Academic Press, New York, USA.
- Dammhahn, M.; Kappeler, P.M. 2014. Stable isotope analyses reveal dense trophic species packing and clear niche differentiation in a Malagasy primate community. *American Journal of Physical Anthropology* 153: 249-259.
- Dausmann, K.H.; Glos, J.; Ganzhorn, J.U.; Heldmaier, G. 2004. Hibernation in a tropical primate. *Nature* 429: 825-826.
- Enquist, B.J.; Jordan, M.A.; Brown, J.H. 1995. Connection between ecology, biogeography, and paleobiology: relationship between local abundance and geographic distribution in fossil and recent molluscs. *Evolutionary Ecology* 9: 586-604.
- Fietz, J. 2003. *Cheirogaleus*, dwarf lemurs or fat-tailed lemurs. Pp. 1307-1309. In: S.M. Goodman; J.P. Benstead (eds.). The Natural History of Madagascar. University Chicago Press, Chicago, USA.
- Fischer, J.; Lindenmayer, D.B. 2007. Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. *Global Ecology and Biogeography* 16: 265-280.
- Fredsted, T.; Schierup, M.H.; Groeneveld, L.F.; Kappeler, P.M. 2007. Genetic structure, lack of sex-biased dispersal and behavioral flexibility in the pair-living fat-tailed dwarf lemur, *Cheirogaleus medius*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 61: 943-954.
- Ganzhorn, J.U. 1987. A possible role of plantations for primate conservation in Madagascar. *American Journal of Primatology* 12: 205-215.
- Ganzhorn, J.U. 1999. Lemurs as indicators for assessing biodiversity in forest ecosystems of Madagascar: why it does not work. *Tasks for Vegetation Science* 34: 163-174.
- Ganzhorn, J.U.; Kappeler P.M. 1996. Lemurs of the Kirindy forest. *Primate Report* 46: 257-274.
- Ganzhorn, J.U.; Malcomber, S.; Andrianantoanina, O.; Goodman, S.M. 1997. Habitat characteristics and lemur species richness in Madagascar. *Biotropica* 29: 331-343.
- Ganzhorn, J.U.; Fietz, J.; Rakotovo, E.; Schwab, D.; Zinner, D. 1999. Lemurs and the regeneration of dry deciduous forest in Madagascar. *Conservation Biology* 13: 794-804.
- Ganzhorn, J.U.; Goodman, S.M.; Dehgan, A. 2003. Effects of forest fragmentation on small mammals and lemurs. Pp. 1228-1234. In: S.M. Goodman; J.P. Benstead (eds.). The natural history of Madagascar. University Chicago Press, Chicago, USA.
- Goodman, S.M. 2003. Predation on lemurs. Pp. 1221-1228. In: S.M. Goodman; J.P. Benstead (eds.). The natural history of Madagascar. University Chicago Press, Chicago, USA.
- Hladik, C.M.; Charles-Dominique, P.; Petter, J.J. 1980. Feeding strategies of five nocturnal prosimians in the dry deciduous forest of the west coast of Madagascar. Pp. 41-74. In: P. Charles-Dominique; H.M. Cooper; A. Hladik; C.M. Hladik; E. Pages; G.F. Pariente; A. Petter-Rousseaux; J.J. Petter; A. Schilling (eds.). Nocturnal Malagasy primates. Academic Press, New York, USA.
- Irwin, J.A.; Samonds, K.E.; Raharison, J.-L. 2001. A biological inventory of the lemur community of Réserve Spéciale de Kalambatritra, south-central Madagascar. *Lemur News* 6: 24-28.
- Irwin, M.T.; Johnson, S.E.; Wright, P.C. 2005. The state of lemur conservation in south-eastern Madagascar: population and habitat assessments for diurnal and cathemeral lemurs using surveys, satellite imagery and GIS. *Oryx* 39: 204-218.
- Irwin, M.T.; Raharison J.-L. 2009. Ecosystems in decay: factors influencing primate species extinctions in forest fragments of Tsinjoarivo, Madagascar. *American Journal of Physical Anthropology* 138 (Suppl. 48): 155-166.
- Irwin, M.T.; Wright, P.C.; Birkinshaw, C.; Fisher, B.L.; Gardner, C.J.; Glos, J.; Goodman, S.M.; Loiselle, P.; Rabeson, P.; Raharison, J.-L.; et al. 2010. Patterns of species change in anthropogenically disturbed forests of Madagascar. *Biological Conservation* 143: 2351-2362.
- Kappeler, P.M. 2003. *Mirza coquereli*, Coquerel's dwarf lemur. Pp. 1316-1318. In: S.M. Goodman; J.P. Benstead (eds.). The natural history of Madagascar. University Chicago Press, Chicago, USA.
- Kappeler, P.M.; Wimmer, B.; Zinner, D.; Tautz, D. 2002. The hidden matrilineal structure of a solitary lemur: implications for primate social evolution. *Proceedings of the Royal Society: Biological Sciences - Series B* 269: 1755-1763.
- Kelley, E.A.; Sussman, R.W.; Muldoon, K.M. 2007. The status of lemur species at Antserananomby: An update. *Primate Conservation* 22: 71-77.
- Lawes, M.J.; Mealin, P.E.; Piper, S.E. 2000. Patch occupancy and potential metapopulation dynamics of three forest mammals in fragmented afro-montane forest in South Africa. *Conservation Biology* 14: 1088-1098.
- Lehman, S.M. 2006a. Conservation biology of Malagasy strepsirrhines: a phylogenetic approach. *American Journal of Physical Anthropology* 130: 238-253.
- Lehman, S.M. 2006b. Effects of transect selection and seasonality on lemur density estimates in southeastern Madagascar. *International Journal of Primatology* 27: 1041-1057.
- Markolf, M.; Roos, C.; Kappeler, P.M. 2008. Genetic and demographic consequences of a rapid reduction in population size in a solitary lemur (*Mirza coquereli*). *The Open Conservation Biology Journal* 2: 21-29.
- Miller, A.D.; Roxburgh, S.H.; Shea, K. 2011. How frequency and intensity shape diversity-disturbance relationships. *PNAS* 108: 5643-5648.
- Pardini, R.; Marques de Souza, S.; Braga-Neta, R.; Metzger, J.P. 2005. The role of forest structure, fragment size and corridors in maintaining small mammal abundance and diversity in an Atlantic forest landscape. *Biological Conservation* 124: 253-266.
- Rasoloarison, R.M.; Goodman, S.M.; Ganzhorn, J.U. 2000. Taxonomic revision of mouse lemurs (*Microcebus*) in the western portions of Madagascar. *International Journal of Primatology* 21: 963-1019.
- Schäffler, L. 2012. Determinants of population structure in the world's smallest primate, *Microcebus berthae*, across its global range in Menabe Central, Western Madagascar. Ph.D. thesis. Centre for Biodiversity and Ecology (GCBE), Georg-August-University, Göttingen, Germany.
- Schmid, J.; Kappeler, P.M. 1994. Sympatric mouse lemurs (*Microcebus* spp.) in western Madagascar. *Folia Primatologica* 63: 162-170.
- Schülke, O. 2001. Social anti-predator behaviour in a nocturnal lemur. *Folia Primatologica* 72: 332-334.
- Schülke, O. 2003. *Phaner furcifer*, fork-marked lemur, Vahigandry, Tanta. Pp. 1318-1320. In: S.M. Goodman; J.P. Benstead (eds.). The natural history of Madagascar. University Chicago Press, Chicago, USA.
- Schweiger, E.W.; Diffendorfer, J.E.; Pierotti, R.; Holt, R.D. 1999. The relative importance of small-scale and landscape-level heterogeneity in structuring small mammal distributions. Pp. 175-207. In: G.W. Barret; J.D. Peles (eds). Landscape ecology of small mammals. New York, Springer.
- Schwitzer, C.; Mittermeier, R.A.; Davies, N.; Johnson, S.; Ratsimbazafy, J.; Razafindramanana, J.; Louis, E.E. Jr.; Rajaobelina, S. 2013. Lemurs of Madagascar - a strategy for their conservation 2013-2016. Bristol, UK: IUCN SSC Primate Specialist Group, Bristol Conservation and Science Foundation, and Conservation International, Volume 185.
- Seidl, I.; Tisdell C.A. 1999. Carrying capacity reconsidered: from Malthus' population theory to cultural carrying capacity. *Ecological Economics* 31: 395-408.
- Smith, A.P.; Horning, N.; Moore, D. 1997. Regional biodiversity planning and lemur conservation with GIS in western Madagascar. *Conservation Biology* 11: 498-512.
- Sorg, J.P.; Ganzhorn, J.U.; Kappeler, P.M. 2003. Forestry and research in the Kirindy Forest/ Centre de Formation Professionnelle Forestière. Pp. 1512-1519. In: S.M. Goodman; J.P. Benstead (eds.). The natural history of Madagascar. University Chicago Press, Chicago, USA.
- Sterling, E.J.; Rakotoarison, N. 1998. Rapid assessment of richness and density of primate species on the Masoala peninsula, eastern Madagascar. *Folia Primatologica* 69 (Suppl. 1): 109-116.
- Swihart, R.K.; Feng, Z.; Slade, N.A.; Mason, D.M.; Gehring, T.M. 2001. Effects of habitat destruction and resource supple-

- mentation in a predator-prey metapopulation model. *Journal of Theoretical Biology* 210: 287-303.
- Swihart, R.K.; Gehring T.M.; Kolozy M.B.; Nupp T.E. 2003. Responses of 'resistant' vertebrates to habitat loss and fragmentation: the importance of niche breadth and range boundaries. *Diversity and Distributions* 9: 1-18.
- Swihart, R.K.; Lusk, J.J.; Duchamp, J.E.; Rizkalla, C.E.; Moore, J.E. 2006. The roles of landscape context, niche breadth, and range boundaries in predicting species responses to habitat alteration. *Diversity and Distributions* 12: 277-287.
- Thomas, L.; Laake, J.L.; Rexstad, E.; Strindberg, S.; Marques, F.F.C.; Buckland, S.T.; Borchers, D.L.; Anderson, D.R.; Burnham, K.P.; Burt, M.L.; et al. 2009. Distance 6.0 Release 1: Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, UK.
- Thomas, L.; Buckland, S.T.; Rexstad, E.A.; Laake, J.L.; Strindberg, S.; Hedley, S.L.; Bishop, J.R.B.; Marques, 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.
- Vos, C.C.; Verboom, J.; Opdam, P.F.M.; Ter Braak, C.J.F. 2001. Toward ecologically scaled landscape indices. *The American Naturalist* 158: 24-41.
- Zinner, D.; Wygoda, C.; Razafimanantsoa, L.; Rasoloarison, R.M.; Andrianandrasana, H.; Ganzhorn, J.U.; Torkler, F. 2014. Analysis of deforestation patterns in the central Menabe, Madagascar, between 1973 and 2010. *Regional Environmental Change* 14: 157-166.
- Zollner, P.A. 2000. Comparing the landscape level perceptual abilities of forest sciurids in fragmented agricultural landscapes. *Landscape Ecology* 15: 523-533.

L'éducation environnementale pour la conservation de *Prolemur simus* dans les villages environnant la forêt de Vohibe, District de Mahanoro, Madagascar

Laingoniaina Herifito Fidèle Rakotonirina^{1,2*}, Christelle Chamberlan^{2*}

¹Groupe d'Etude et de Recherche sur les Primates de Madagascar (GERP), Lot 34 Cité des Professeurs Fort Duchesne, Ankatso, Antananarivo 101, Madagascar

²The Aspinall Foundation, BP 7170 Andravoahangy, Antananarivo 101, Madagascar

*Corresponding authors: laingoniaina2000@yahoo.fr, cchamberlan@gmail.com

Mots clés : *Prolemur simus*, éducation environnementale, sensibilisation, Vohibe, Ambinanidilana

Résumé

Depuis la découverte en 2010 de la présence de *Prolemur simus* dans la forêt de basse altitude de Vohibe à l'Est de Madagascar (Commune Rurale Ambinanidilana, Région Atsinanana), une dégradation de ses ressources naturelles est constatée, due notamment à la croissance démographique et la pauvreté, mais surtout à des pratiques humaines non renouvelables. Face à la gravité de cette situation, The Aspinall Foundation a mis en place un projet de conservation, ayant pour objectif de sauvegarder la population de *P. simus*. En 2013, grâce au financement du Prix Bettina Salle accordé au Projet «Ramaimbangy» et à l'appui de l'Association Française pour la Sauvegarde du Grand Hapalémur (communément appelée «Help Simus»), un programme d'éducation relative à l'environnement y a été développé afin de permettre à un public varié (élèves, jeunes gens et adultes) d'assimiler l'importance de la conservation de la biodiversité en général, et de celle des lémurins en particulier. L'objectif global à atteindre est l'adoption, par les communautés locales, d'une attitude respectueuse et positive vis-à-vis de

l'environnement. Deux méthodologies ont été utilisées: la sensibilisation informelle de onze ménages, répartis dans les villages d'Ambinanidilana, Ambalafatsy et Niarovana; et des séances d'éducation environnementale dans les écoles primaires publiques (EEP) d'Ambinanidilana et d'Ambalafatsy. Ces séances étaient constituées de cinq phases: une séance de présentation et d'introduction, des activités ludiques en groupe, des activités ludiques individuelles, un exposé suivi d'une séance de questions-réponses et finalement un test de niveau. Les séances se sont clôturées avec la distribution des prix aux lauréats. A l'issue de cette campagne, il a été suggéré de poursuivre les activités menées dans le cadre de ce programme, notamment la mise en place d'un club environnemental, des visites de la forêt, la fourniture de kits scolaires traitant des questions environnementales, mais également d'apporter une assistance à la rénovation et la construction d'écoles et un appui sur les plans matériel et technique.

Abstract

Since the discovery in 2010 of the greater bamboo lemur (*Prolemur simus*) in the lowland forest of Vohibe in eastern Madagascar (Rural Commune of Ambinanidilana, Atsinanana Region), a degradation of the natural resources has been noted, due principally to unsustainable human activities related to population growth and poverty. To respond to this situation The Aspinall Foundation initiated a conservation project with the objective of saving this population of *P. simus*. In 2013, thanks to funding received from the Bettina Salle Prize and support from the Association Française pour la Sauvegarde du Grand Hapalémur (also known as "Help Simus"), an environmental education programme was developed to allow a variety of local people (schoolchildren, young people and adults) to learn about the importance of biodiversity conservation in general, and of lemurs in particular. The overall objective is the adoption by the local population of a respectful and positive attitude towards the environment. Two methods were used: informal awareness raising within eleven households in the villages of Ambinanidilana, Ambalafatsy and Niarovana, and environmental education sessions in the two primary schools of Ambinanidilana and Ambalafatsy. These sessions comprised five phases: an introductory session, group activities, individual activities, a presentation followed by questions and answers, and finally a test. The sessions closed with the distribution of prizes to the participants. Following this campaign, we suggest to continue the programme, including the initiation of an environmental club, forest visits, and the provision of school kits dealing with environmental issues, but also to support the renovation and construction of schools and their material and technical plans.

Introduction

A l'origine de sa réputation et source de fierté nationale, la diversité biologique de l'île de Madagascar est d'une richesse remarquable, et sa gestion durable constitue un devoir pour le bénéfice des générations actuelles et futures. La conservation environnementale figure parmi les traditions ancestrales du pays, et cette qualité presque innée a été renforcée pendant la période coloniale avec l'avènement des premières aires protégées.

Une des spécificités de l'île-continent, et qui en fait l'un des derniers grands sanctuaires mondiaux de biodiversité, est le degré élevé d'endémicité et de diversité de ses milieux naturels. Ceci est particulièrement vrai pour les lémurins, dont 103 espèces et sous-espèces ont été jusqu'à présent identifiées. Cependant, 24 d'entre elles sont gravement menacées d'extinction (CR), 49 sont en danger d'extinction

(EN), 20 sont dites vulnérables (VU), 3 sont susceptibles d'être menacées (NT) et 3 sont de préoccupation mineure (LC), tandis que les informations sont insuffisantes (DD) pour déterminer le statut des quatre restantes (Schwitzer et al., 2013). Autrement dit, le pourcentage de risques que 24 espèces disparaissent dans les 10 à 20 prochaines années se situe entre 20 et 50%.

En effet, bien que certaines espèces de lémurien occupent une variété d'habitats (Tattersall, 1982), plusieurs autres habitent uniquement les forêts humides. Or, ces dernières font l'objet d'une déforestation intensive, résultant de l'utilisation d'un procédé agricole traditionnel: la culture sur brûlis, localement appelée «tavy». Ces habitats disparaissant rapidement, les espèces de lémurien qu'ils abritent sont confrontées à une éventuelle extinction imminente (Jernvall et Wright, 1998). Par conséquent, il n'est pas surprenant que les forêts humides de Madagascar soient citées comme l'une des plus grandes priorités de conservation dans le monde (Nicoll et Langrand, 1989; Green et Sussman, 1990; Ganzhorn et al., 1996; Mittermeier et al., 1997; ZICOMA, 1999), et qu'aucun autre pays n'abrite autant de primates non humains requérant des mesures urgentes de conservation (Mittermeier et al., 2010).

Depuis son installation à Madagascar, The Aspinall Foundation (TAF) a identifié quelques sites potentiels nécessitant une action de conservation immédiate (King et Chamberlan, 2010; Rakotonirina et al., 2011, 2013; Ravaloharimanitra et al., 2011; Lantovololona et al., 2012; King et al., 2013). Parmi ces nouveaux sites, Vohibe est un reliquat de forêt dense humide sempervirente de basse altitude, d'environ 500 ha et, situé à la confluence des rivières Nosivolo et Mangoro, dans la Commune Rurale (CR) d'Ambinanidilana, District de Mahanoro, à l'Est de Madagascar. Des traces d'exploitation d'aliments nutritifs du grand hapalémur *Prolemur simus*, une espèce de lémurien classée en danger critique d'extinction (CR) par l'UICN (2012), y ont été découvertes pour la première fois en 2010 (Rakotonirina et al., 2011). Le Projet «Ramaimbangy», d'après l'appellation locale de *Prolemur simus*, a été créé dans le but de sauvegarder cette population au travers d'actions de conservation communautaire, telles que patrouilles de surveillance régulières, suivi participatif des groupes de *Prolemur simus*, études primatologiques, sensibilisation aux questions environnementales et appuis divers aux communautés (Andrianandrasana et al., 2013; Rajaonson et King, 2013; Rakotonirina et Rasolofoharivelo, 2013; Rasolofoharivelo, 2013). Coordonné par The Aspinall Foundation, en collaboration avec Durrell Wildlife Conservation Trust Madagascar et le Groupe d'Etude et de Recherche sur les Primates de Madagascar (GERP), le projet bénéficie depuis 2012 de l'appui financier et matériel de l'Association Française pour la Sauvegarde du Grand Hapalémur (AFSGH ou HelpSimus).

Tout au long des différentes missions du Projet «Ramaimbangy», une forte dégradation de la forêt de Vohibe a été constatée, due notamment à la croissance démographique et la pauvreté, mais surtout en raison de pratiques humaines non renouvelable : culture sur brûlis, utilisation du bois comme source d'énergie, chasse non réglementée (aux lémuriens, oiseaux, chauves-souris, micromammifères,...), coupe de bambous géants (qui constituent la principale source de nourriture de *Prolemur simus*), exploitation du bois d'œuvre, etc. (Rakotonirina et al., 2011; Andrianandrasana et al., 2013; Rakotonirina et Rasolofoharivelo, 2013). Il est donc impératif que les actions de sensibilisation ciblant les communautés locales soient renforcées et intensifiées pour que se produise un réel changement de comportement vis-à-vis de l'environnement.

Dans tout programme d'éducation à l'environnement, les enfants constituent une cible de choix. Les sensibiliser et les impliquer, dès leur plus jeune âge, dans des actions de conservation et protection de la nature représente une solution à long terme: en les incitant à adopter de bons comportements, on espère qu'ils deviendront des citoyens respectueux de l'environnement (Mpanazava Eto Madagaskara, 2007; Ravaloharimanitra et al., 2013).

Les adultes doivent également faire partie intégrante d'un tel programme éducatif, et une réelle prise en compte de leurs traditions, besoins et intérêts est un facteur essentiel à leur participation active aux actions de conservation mises en place.

Grâce au généreux financement du Prix Bettina Salle accordé au Projet «Ramaimbangy» en 2013, un volet sur l'éducation environnementale a été développé en faveur des élèves et adultes issus des communautés villageoises vivant autour de la forêt de Vohibe, afin d'appuyer la conservation de sa population très menacée de *Prolemur simus* (Rasolofoharivelo, 2013). Dans cet article, nous présentons le déroulement et les résultats d'une mission menée à Vohibe en janvier 2014 dans le cadre de ce programme d'éducation environnementale.

Objectifs

L'objectif global du programme d'éducation à l'environnement développé dans le cadre du Projet «Ramaimbangy» est de permettre à toutes les classes d'âge du public ciblé (élèves, jeunes et adultes) d'assimiler l'importance de la conservation de la biodiversité de la forêt de Vohibe en général, et celle des lémuriens en particulier. Fort de cette compréhension, chaque membre de la communauté devrait alors adopter une nouvelle attitude et un comportement positif envers l'environnement, en abandonnant ses pratiques non durables, telles que la surexploitation des ressources naturelles, le défrichement abusif du couvert forestier et la chasse non régulée.

Pour y parvenir, les objectifs suivants ont été définis:

- apporter les connaissances scientifiques et concepts de base relatifs à l'environnement et à l'éducation environnementale dans l'enseignement primaire, par le biais d'un kit pédagogique confectionné par le GERP;
- développer la capacité d'analyse et de synthèse pour toute situation rencontrée;
- fournir les capacités nécessaires à l'exploitation des supports de cours, tels que le kit pédagogique et documents mis à disposition, pour atteindre les objectifs pédagogiques.

Résultats attendus

Les résultats attendus étaient les suivants:

- l'acquisition des connaissances de base sur l'environnement;
- le changement de comportement vis-à-vis de l'environnement (réflexe environnemental);
- la compréhension de l'importance de la richesse naturelle de la région;
- la connaissance de la diversité en lémuriens de Vohibe et son importance écologique.

Méthodologie

Visite de courtoisie

Préalablement au démarrage des activités, six visites de courtoisie ont été effectuées auprès de la Circonscription Scolaire (CISCO) de Mahanoro, la CR d'Ambinanidilana,

des *Fokontany* (FKT) d'Ambinanidilana et d'Ambalafatsy, des Ecoles Primaires Publiques (EPP) sélectionnées. Ces rencontres visaient à informer ces autorités administratives des intentions de The Aspinall Foundation liées à la promotion de l'éducation environnementale dans la région, surtout dans les *fokontany* environnant la forêt de Vohibe. A cet effet, ils ont été informés de la mise en place d'une série de sessions éducation à l'environnement et de séances de sensibilisation auprès des deux FKT concernés.

Choix des établissements scolaires et villages à sensibiliser

Selon l'enquête menée par l'animateur local de The Aspinall Foundation auprès des communautés de la CR d'Ambinanidilana, ce sont surtout les villageois des FKT d'Ambinanidilana (S19° 54' 06.7" E048° 28' 23.4") et d'Ambalafatsy (S19° 55' 48.7" E 048° 26' 45.7") qui feraient pression sur la biodiversité de la forêt de Vohibe. A cet effet, l'équipe a priorisé, d'une part, l'éducation environnementale des élèves fréquentant les écoles primaires de ces villages et, d'autre part, la sensibilisation informelle de certains ménages.

Sensibilisation informelle des ménages

Identifiés comme étant à l'origine des pratiques non durables constatées, onze (11) ménages, répartis dans les villages d'Ambinanidilana (2), Ambalafatsy (7) et Niarovana (2), ont fait l'objet de cette sensibilisation informelle.

Les participants aux séances d'éducation environnementale

24 élèves issus de l'EPP d'Ambinanidilana (Fig. 1) et 36 scolarisés à l'EPP d'Ambalafatsy (Fig. 2) ont participé aux séances d'éducation environnementale (Tab. 1) des 6 et 7 janvier 2014. Ces villages font partie de la CR d'Ambinanidilana, District de Mahanoro. Les activités étaient dirigées et animées par le représentant et l'animateur de TAF, et plusieurs autorités y ont assisté, notamment le Directeur, la Directrice, les instituteurs des établissements scolaires, le président de l'Association des Parents d'Elèves (FRAM) et la Vice-Présidente du FKT d'Ambalafatsy.

Tab. 1: Effectif des élèves ayant participé aux séances d'éducation environnementale.

Classe	EPP Ambinanidilana	EPP Ambalafatsy
CP2	--	20
CE	--	7
CM1	24	3
CM2		6
Total	24	36

Approche méthodologique adoptée

La méthodologie utilisée est simple, pratique et compréhensible par les enfants et jeunes scolarisés, afin qu'ils acquièrent la maîtrise des supports pédagogiques et documents, et en déduisent les leçons ou décisions à prendre pour adopter une attitude appropriée. Nous tenons à rappeler que les objectifs sont de développer la capacité d'analyse et de synthèse dans n'importe quelle situation, rendre les enfants conscients de la nature, leur enseigner les rapports entre homme et son milieu de vie, et de les responsabiliser.

Thèmes

Pour cette année scolaire 2014, les activités d'éducation environnementale se sont axées autour des trois thèmes suivants:



Fig. 1: Ecole primaire publique de la CR d'Ambinanidilana.



Fig. 2: Ecole primaire publique du village d'Ambalafatsy.

- l'environnement (Ny tontolo iainana);
- la diversité en lémuriens dans la forêt de Vohibe et le rôle écologique de ces espèces (Ireo karazam-barika misy ao Vohibe sy ny voka-tsoa ara-tontolo iainana entiny);
- les conséquences néfastes de la destruction de la forêt sur l'environnement (Vokadratsin'ny fahasimban'ny ala eo amin'ny tontolo iainana).

Supports pédagogiques et documents

Les supports pédagogiques et autres documents utilisés lors des activités comportaient:

- des planches avec des photos des espèces de lémuriens et des fiches mentionnant leurs noms, biologie de vie et importance écologique respectives;
- une grande affiche montrant quelques types de biotopes;
- des cartes à ordonner selon une certaine logique;
- une planche exposant les différentes utilisations de la forêt et le cycle de l'eau.

Stratégie de mise en œuvre

La stratégie d'éducation à l'environnement a été mise en œuvre au travers des activités successives suivantes:

- exposé sur la diversité de lémuriens dans la forêt de Vohibe et l'importance écologique des différentes espèces;
- conception et diffusion de supports d'animation (affiche, maquette, ...);
- travaux de groupe et individuels;
- participation des élèves aux séances de questions-réponses;
- test de niveau de connaissances sur l'environnement;
- concours sous forme d'activités ludiques;
- organisation d'une campagne de sensibilisation;
- séance de présentation par le représentant de TAF.

Les enseignants ont assistés les animateurs de TAF dans la mise en œuvre de toutes ces activités, réalisées en malgache pour faciliter la communication entre les éducateurs et les élèves. Un test de niveau a été effectué à la fin de chaque séance.

Chronogramme d'activités

07 janvier 2014: Séance d'éducation environnementale dans l'EPP d'Ambinanidilana;

08 janvier 2014: Séance d'éducation environnementale dans l'EPP d'Ambalafatsy.

Séance de présentation et d'introduction

Les activités d'éducation proprement dites ont été précédées d'une séance d'introduction, au cours de laquelle chaque participant s'est présenté (nom, classe ou fonction). Ensuite, le représentant et l'animateur de TAF ont exposé le sujet de discussion et aidé les élèves à déterminer leurs objectifs. Des consignes leur ont été données, précisant ce qu'il était attendu d'eux et la façon dont ils devaient procéder (description et reconnaissance de l'outil didactique, déroulement de la séance).

Activités ludiques en groupe

Chaque classe a été divisée en trois groupes, formés de huit élèves pour l'EPP d'Ambinanidilana et douze pour celle d'Ambalafatsy. L'effectif d'élèves par groupe à l'EPP d'Ambalafatsy était plus élevé en raison de l'âge moins avancé de la majorité des enfants (classes CP₂ et CE). L'activité proposée lors de ce travail en groupe (Fig. 3) était la remise en ordre de quelques planches montrant la dégradation progressive de l'environnement engendrée par des pratiques non durables. Une certaine organisation a été mise en place pour faciliter la communication entre les enfants. Ainsi, chaque groupe a élu un secrétaire responsable de la mise par écrit des décisions prises par le groupe. Les rôles des animateurs étaient multiples: diriger la discussion, octroyer le droit à la parole de façon équitable, encourager la participation de tous, reformuler les propos plus ou moins clairs, soulever les aspects ou faits oubliés par le groupe, effectuer des synthèses partielles régulières et obtenir l'accord sur ce qui était noté. Le résultat final de chaque groupe a été noté.

Activités ludiques individuelles

Un tableau présentant quelques biotopes (forêt, rivière, sol, ...) a été affiché devant la classe. Il a été demandé à chaque élève de choisir au hasard une photo représentant une espèce animale ou végétale (confectionnée par le GERP) et de la relier à son habitat. Les animateurs ont apporté les précisions nécessaires et effectué des synthèses partielles régulières. Chaque élève a été noté sur le choix du biotope.

Exposé et séance de questions-réponses

Les animateurs ont posé des questions aux élèves, se rapportant aux thèmes suivants: l'environnement, la diversité des espèces fauniques dans la forêt de Vohibe et leur rôle écologique, les rôles et différentes utilisations de la forêt, l'eau et ses utilisations, la couche d'ozone, et le cycle de l'eau. La participation de tous les élèves a été encouragée (Fig. 4), les animateurs octroyant le droit à la parole de façon équitable. Des synthèses partielles ont été régulièrement effectuées. Chaque élève a été coté sur les réponses données. En fin de séance, le représentant de The Aspinall Foundation a exposé divers aspects environnementaux tels que le cycle de l'eau, la couche d'ozone, et les conséquences néfastes de la destruction de la forêt sur l'environnement, mettant l'accent sur points incompris par les élèves.



Fig. 3: Activité ludique par groupe à l'EPP d'Ambinanidilana: arrangement des planches.



Fig. 4: Participation des élèves à la séance de questions-réponses animée par le représentant et l'animateur de The Aspinall Foundation (EPP d'Ambalafatsy).



Fig. 5: Distribution de lots aux lauréats du concours organisé à l'EPP d'Ambinanidilana.

Test de niveau

Après l'éducation pratique, un test a été organisé dans le but d'évaluer le niveau de connaissances des élèves. Ainsi, nous avons distribué des fiches questionnaires portant notamment sur l'environnement, la diversité en lémuriens de la forêt de Vohibe et leur importance écologique, les utilités de la forêt et les conséquences néfastes de sa destruction. Plusieurs réponses pouvaient être choisies. Après correction des fiches, les animateurs ont reprécisé les aspects ayant posé problème aux élèves.

Distribution des prix

Après avoir totalisé les notes obtenues, un classement des élèves a été établi. Durant la cérémonie de clôture, des prix sous formes de livres éducatifs ont été offerts aux dix meilleurs élèves (Fig. 5). Des stylos et des bonbons ont également été distribués, à tous ceux ayant participé à la campagne d'éducation environnementale.

Résultats

Evaluation du niveau de compréhension

Les tableaux suivants résument les résultats des différents tests proposés (activités ludiques, test écrit, questions-réponses, ...) aux élèves des EPP d'Ambinanidilana et d'Ambalafatsy. Les résultats positifs (c'est-à-dire les bonnes réponses) sont exprimés en pourcentage (Tab. 2, 3 and 4). Il est à remarquer que cette série de tests nous a permis d'évaluer le niveau de compréhension des élèves en matière d'environnement, reformuler les points peu ou pas assimilés par les élèves et effectuer des synthèses globales portant sur les sujets/ thèmes proposés.

Tab. 2: Evaluation de la compréhension au travers du test écrit (QCM).

Question # (QCM)	Pourcentage des élèves ayant trouvé la bonne réponse	
	EPP d'Ambinanidilana	EPP d'Ambalafatsy
Q ₁	54.16 %	17.64 %
Q ₂	60.41 %	47.05 %
Q ₃	52.08 %	36.76 %
Q ₄	47.91 %	42.64 %
Q ₅	52.08 %	22.05 %

Tab. 3: Evaluation de la compréhension au travers des activités ludiques.

Activités ludiques	Pourcentage des élèves ayant réussi les activités ludiques	
	EPP d'Ambinanidilana	EPP d'Ambalafatsy
Recherche des biotopes correspondants	79.16%	86.11%
Ordonner des planches selon une certaine logique	33.33%	0%

Discussion

Difficultés rencontrées sur le terrain

Trois types de difficultés ont affecté le déroulement de notre mission: météorologique, médical et sécuritaire. Ainsi, la saison des pluies avec laquelle notre mission coïncidait a fortement endommagé la route, diminuant l'accessibilité aux zones d'intervention, et considérablement élevé le niveau de la rivière Menagisa, empêchant le bac de s'y déplacer. Ces deux facteurs conjugués nous ont occasionné un certain retard. Des maladies graves, telles que la bilharziose, le paludisme, la peste et la dengue, sont très fréquentes dans la région visitée, et plusieurs morts ont été dénombrés pendant notre séjour. Enfin, une certaine insécurité locale s'est installée, résultant de l'exploitation illicite des mines dans la région de Marolambo et ses environs. Pour l'anecdote, notre équipe a échappé de justesse à deux attaques, uniquement grâce à l'intervention de l'un de nos agents patrouilleurs qui a reconnu certains auteurs d'une série de massacres dans la région.

Tab. 4: Evaluation de la compréhension au travers de la séance de questions/réponses.

Thème (Questions/réponses)	EPP d'Ambinanidilana		EPP d'Ambalafatsy	
	Effectif des participants	Pourcentage des élèves ayant trouvé la bonne réponse	Effectif des participants	Pourcentage des élèves ayant trouvé la bonne réponse
L'environnement	5	20 %	5	40 %
Diversité biologique de Vohibe	10	100 %	10	100 %
Diversité en lémuriens	5	100 %	5	100 %
Rôle écologique des lémuriens	2	0 %	2	50 %
Définition de la forêt	2	50 %	2	50 %
Rôles et différentes utilisations de la forêt	10	60 %	10	70 %
L'eau et ses utilisations	5	100 %	5	100 %
Couche d'ozone	4	0 %	4	0 %
Cycle de l'eau	4	0 %	4	0 %
Moyenne		47.77 %		56.66 %

Evaluation du niveau de compréhension

Les résultats obtenus par les élèves de l'EPP d'Ambalafatsy lors du test écrit sont plus faibles que ceux de l'EPP d'Ambinanidilana. Ceci peut s'expliquer par la différence d'âge et le niveau scolaire: les élèves du premier établissement sont plus jeunes (8 et 9 ans) et la plupart en classes de CP₂ et CE, les classes CM₁ et CM₂ y étant peu représentées. Par contre, tous les élèves de l'EPP d'Ambinanidilana sont plus âgés (10 à 13 ans) et en classes CM₁ et CM₂. Les niveaux de perception et de compréhension des élèves sont donc différents.

Concernant les activités ludiques, les écoliers des deux EPP ont, d'une manière générale, obtenu de bons résultats, bien que certaines difficultés aient été observées lors de la mise en ordre des planches, particulièrement à l'EPP d'Ambalafatsy.

Pour la séance de questions/réponses, les élèves de l'EPP d'Ambalafatsy ont trouvé davantage de bonnes réponses par rapport à ceux de l'EPP d'Ambinanidilana.

Enfin, les animateurs ont remarqué que les écoliers ne possédaient aucune connaissance relative à la couche d'ozone et au cycle de l'eau.

Evaluation globale du projet

Cette campagne d'éducation a rencontré un réel enthousiasme chez tous les participants, y compris les intervenants, leur permettant d'améliorer leurs connaissances générales en matière d'environnement, mais également relatives aux spécificités de la forêt de Vohibe et sa biodiversité, et initiant l'acquisition de nouveaux réflexes. Cette participation active et motivée, en partie due aux lots offerts, a grandement facilité la transmission du message de protection de l'environnement, et tant les responsables de l'école que les élèves sont prêts à poursuivre les activités menées dans le cadre de la mission.

Perspectives

Suite à la présente mission, nous suggérons que les actions suivantes soient menées:

- Mise en place d'un Club Environnemental au sein des deux EPP, qui regrouperait les enfants intéressés et conduirait des animations sur le thème de l'environnement;
- Organisation d'une visite de la forêt, à la fin de la séance d'éducation environnementale afin d'élargir et enrichir les connaissances des élèves;
- Renforcement de la protection de l'environnement via le reboisement de plantes endémiques;
- Aménagement des cours d'école avec jardins de plantes médicinales;

- Assistance à la construction et/ou la rénovation des écoles (repeindre les salles de classe) et fourniture de tables bancs, matériel de nettoyage, poubelles;
- Fourniture de kits scolaires (cahiers arborant des propos sensibilisateurs, stylos, crayons, règles, ...);
- Actions similaires auprès d'autres écoles non encore visitées;
- Sensibilisation de tous les villageois de la CR d'Ambinanidilana (Fokontany/village d'Ambinanidilana, Niarovana, Ambalafatsy, Maromitety, Anivorano, ...), au travers de la projection de films et clips environnementaux, d'affiches, de la distribution de T-shirt et casquettes, ...

Remerciements

Nous adressons nos sincères remerciements aux donateurs du «Prix Bettina Salle» pour le financement du présent projet d'éducation environnementale effectué à Vohibe, à The Aspinall Foundation (TAF), représenté par Tony King et Maholy Ravaloharimanitra, pour l'organisation administrative, à l'Association Française pour la Sauvegarde du Grand Haplemur (AFSGH ou HelpSimus), représentée par Delphine Roulet, pour l'appui général, au Durrell Wildlife Conservation Trust, représenté par Richard Lewis et Bellarmin Ramahefasoa, pour leur étroite collaboration, au GERP, représenté par le Professeur Jonah Henri Ratsimbazafy et David Rasolofoson, pour la fourniture des supports pédagogiques relatifs à l'éducation environnementale, et au personnel d'appui, notamment le chauffeur de TAF, le cuisinier, l'animateur, les agents patrouilleurs, pour tous les services rendus. Notre gratitude s'adresse également à toutes les autorités administratives (District de Mahanoro, Mairie des CR d'Ambinanidilana et d'Ankazotsifantatra, CISCO de Mahanoro, Directeurs des EPP d'Ambinanidilana et d'Ambalafatsy, Fokontany d'Ambinanidilana et d'Ambalafatsy) et traditionnelles locales («Tangalamena») pour le soutien apporté tout au long de notre mission dans la région de Vohibe. Enfin, nous remercions les communautés villageoises d'Ankazotsifantatra, Maromitety, Ambinanidilana et Ambalafatsy, et les Présidents du FRAM pour leurs accueil chaleureux et étroite collaboration.

Références

- Andrianandrasana, Z.A.; Rasolofoharivelo, T.; Chamberlan, C.; Ratsimbazafy, J.; King, T. 2013. Etude préliminaire de *Prolemur simus* (Ramaimbangy) dans la forêt de basse altitude de Vohibe, bassin versant Nosivolo, Madagascar, et implications pour sa conservation. *Lemur News* 17: 43-49.
- Ganzhorn, J.U.; Langrand, O.; Wright, P.C.; O'Connor, S.O.; Rakotosamimanana, B.; Feistner, A.T.C.; Rumpler, Y. 1996. The state of lemur conservation in Madagascar. *Primate Conservation* 17: 70-86.
- Green, G.; Sussman, R. 1990. Deforestation history of the eastern rain forests of Madagascar from satellite images. *Science* 248(4952): 212-215.
- Jernvall, J.; Wright, P.C. 1998. Diversity components of impending primate extinctions. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 95: 11279-11283.
- King, T.; Chamberlan, C. 2010. Conserving the critically endangered greater bamboo lemur *Prolemur simus*. *Oryx* 44: 167.
- King, T.; Ravaloharimanitra, M.; Randrianarimanana, H.L.L.; Rasolofoharivelo, M.T.; Chamberlan, C. 2013. Community-based conservation of critically endangered lemurs at the Sakalava and Ranomainty sites within the Ankeniheny-Zahamena rainforest corridor, eastern Madagascar. *Lemur News* 17: 63-70.
- Lantovololona, F.; Bonaventure, A.; Ratolojanahary, T.; Rafaliman-dimby, J.; Ravaloharimanitra, M.; Ranaivosoa, P.; Ratsimbazafy, J.; Dolch, R.; King, T. 2012. Conservation of *Prolemur simus* autour de la forêt de basse altitude d'Andriantantely, District de Brickaville. *Lemur News* 16: 7-11.
- Mittermeier, R.A.; Gil, P.R.; Goettsch-Mittermeier, C. 1997. Megadiversity: earth's biologically wealthiest nations. Mexico City: Cemex.
- Mittermeier, R.A.; Louis Jr., E.E.; Richardson, M.; Schwitzer, C.; Langrand, O.; Rylands, A.B.; Hawkins, F.; Rajaobelina, S.; Ratsimbazafy, J.; Rasoloharison, R.; Roos, C.; Kappeler, P.M.; Mackinnon, J. 2010. *Lemurs of Madagascar*, third edition. Conservation International, Washington, D.C.
- Mpanazava Eto Madagasikara 2007. Education environnementale pour un Madagascar vert. Projet des petits Etats insulaires en développement. UNESCO/YV. 17pp.
- Nicoll, M.E.; Langrand, O. 1989. *Revue Generale du Systeme d'Aires Protégées et de la Conservation à Madagascar*: Unpublished report to WWF.
- Rajaonson, A.; King, T. 2013. Brown lemur (*Eulemur fulvus*) in the lowland forest of Vohitrambo, south of the Nosivolo River, eastern Madagascar. *Lemur News* 17: 12-14.
- Rakotonirina, L.H.F.; Rasolofoharivelo, T.M. 2013. Suivi écologique de *Prolemur simus* dans la forêt non classée de Vohibe - District de Mahanoro. Rapport d'études. The Aspinall Foundation. Pp. 52.
- Rakotonirina, L.; Rajaonson, A.; Ratolojanahary, T.; Rafaliman-dimby, J.; Fanomezantsoa, P.; Ramahefasoa, B.; Rasolofoharivelo, T.; Ravaloharimanitra, M.; Ratsimbazafy, J.; Dolch, R.; King, T. 2011. New distributional records and conservation implications for the critically endangered greater bamboo lemur *Prolemur simus*. *Folia Primatologica* 82(2): 118-129.
- Rakotonirina, L.H.F.; Rajaonson, A.; Ratolojanahary, J.H.; Missirli, J.M.; Razafy Fara, L.; Raholijaona; Andriamanajarinina, M.; King, T. 2013. Southern range extensions for the critically endangered black-and-white ruffed lemur *Varecia variegata* and greater bamboo lemur *Prolemur simus*. *Primate Conservation* 26: 49-55.
- Rasolofoharivelo, T. 2013. Developing environmental education for the conservation of greater bamboo lemurs at the Vohibe lowland forest, eastern Madagascar. *Wild Conservation* 1: 69-73.
- Ravaloharimanitra, M.; Ratolojanahary, T.; Rafaliman-dimby, J.; Rajaonson, A.; Rakotonirina, L.; Rasolofoharivelo, T.; Ndriamiary, J.N.; Andriambololona, J.; Nasoavina, C.; Fanomezantsoa, P.; Rakotoarisoa, J.C.; Youssouf; Ratsimbazafy, J.; Dolch, R.; King, T. 2011. Gathering local knowledge in Madagascar results in a major increase in the known range and number of sites for critically endangered greater bamboo lemurs (*Prolemur simus*). *International Journal of Primatology* 32(3): 776-792.
- Ravaloharimanitra, M.; Ranaivosoa, L.; Chamberlan, C.; King, T. 2013. Sensibilisation à la conservation de *Prolemur simus* dans le District de Brickaville. *Lemur News* 17: 6-8.
- Schwitzer, C.; Mittermeier, R.A.; Davies, N.; Johnson, S.; Ratsimbazafy, J.; Razafindramanana, J.; Louis Jr., E. E.; 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, Bristol, UK.
- Tattersall, I. 1982. *The primates of Madagascar*. Columbia University Press, New York.
- Zicoma, P. 1999. *Les Zones D'Importance pour la Conservation des Oiseaux à Madagascar*. Antananarivo, Madagascar: Projet Zicoma.

Prévision de la distribution des espèces de lémuriens du Parc Naturel Makira face aux changements climatiques, implication pour la conservation

D. Rasolofoson^{1*}, O. Rakotonirainy¹, T. Rasolofoharivelo¹, H. Andrianandrasana², G. Rakotondratsimba¹, R. Ralisoamalala¹, J. Ratsimbazafy¹

¹Groupe d'Etude et de Recherche sur les Primates de Madagascar, 34 Cité des Professeurs, Fort-Duchesne, Antananarivo 101, Madagascar

²Durrell Wildlife Conservation Trust Madagascar Programme, BP 8511, Antananarivo 101, Madagascar

*Corresponding author: david@gerp-mg.org

Mots clés: distribution, modélisation, viabilité, conservation

Résumé

Dans le cadre de l'exécution du modèle de distribution des lémuriens à Makira, nous avons utilisé 2,384 points de présence des 18 espèces de lémuriens recensées entre 2005 à 2009. Les programmes Maxent et DivaGIS 5.1 ont été utilisés pour estimer la probabilité moyenne de détection basée sur des variables bioclimatiques (données climatiques 2000, 2020, 2050, 2080 prévus par HadCM3 (Hadley Centre, Royaume-Uni), et des variables écologiques (le pourcentage des couvertures forestières). Cette étude visait à comprendre le meilleur habitat pour chaque espèce et pour prédire les changements de zones de distribution de chaque espèce dans le futur. La combinaison de variables bioclimatiques et écologiques dans SDM nous a permis à travers du modèle de distribution des espèces, d'estimer la probabilité moyenne de détection de chaque espèce. Nos résultats suggèrent que le Sud et la partie centrale de la forêt de Makira peuvent fournir la meilleure viabilité de lémuriens dans les 20, 50 et 80 prochaines années. En moyenne, la probabilité de détection de lémuriens est estimée à environ 0.46 jusqu'à 2080. D'autres parts, les résultats ont également suggéré que la distribution de lémuriens pourrait être affectée par le changement climatique, en particulier si le rythme des pressions humaines comme l'exploitation minière et l'exploitation forestière illégale persistent. La priorisation des sites à hautes viabilités des espèces ont été recommandée pour la planification de la conservation durable des lémuriens dans cette zone.

Abstract

We used 2,384 records of 18 species we collected from 2005 to 2009 to model the distribution of lemurs at Makira Forest. Two methods of species distribution modeling (SDM) using Maxent and DivaGIS 5.1 were used to estimate the probability of presence based on bioclimatic, temperature and rainfall (climatic data 2000, 2020, 2050, 2080 predicted by HadCM3 (Hadley Centre, United Kingdom), and other habitat variables. This study aimed to understand the best habitat for each species and to predict changes in distribution areas for each species over time. A combination of bioclimatic and ecological variables in SDM enabled us to estimate the probability of detection for each species. Our findings suggested that south and central parts of Makira forest can provide us with the best viability of lemurs in the next 20, 50 and 80 years. On average, the probability of detection of lemurs is estimated at about 0.46 until 2080. On the other hand, results also suggested that distribution of lemurs can be significantly affected by climate change, especially if rhythms of human pressures such as illegal mining and logging stay the same. Prioritisation of lemur strict conservation zones for zonation of Makira forest has been proposed for sustainable conservation planning of lemurs in order to use results of this study for effective decision making.

Introduction

La forêt de Makira dénommée «Parc Naturel de Makira» est l'une des plus grands blocs forestiers de Madagascar, située au nord-est du pays (Fig. 1). Elle est formée essentiellement de forêts humides primaires et de formations secondaires. Sa faune et sa flore comprennent une variété tout à fait exceptionnelle. La forêt de Makira abrite 268 espèces floristiques, 141 espèces d'oiseaux, 15 espèces de petits mammifères et 18 espèces de lémuriens (Faramalala, 1998; Bayliss *et al.*, 1999; Meyers, 2001; Raharivololona *et al.*, 2003; WCS, 2004). La couverture végétale est composée par des familles et des genres de plantes caractéristiques de la forêt tropicale dense et humide sempervirente de basse à moyenne altitude. Ce site est caractérisé par sa richesse spécifique en lémurien, à savoir: *Indri indri*, *Propithecus candidus*, *Varecia subcincta*, *Varecia rubra*, *Eulemur albifrons*, *Haplemur griseus*, *Eulemur rubriventer*, *Eulemur fulvus*, *Avahi laniiger*, *Lepilemur seali*, *Cheirogaleus major*, *Cheirogaleus crossleyi*, *Microcebus mittermeieri*, *Microcebus macarthurii*, *Microcebus sp.*, *Allocebus trichotis*, *Phaner furcifer* et *Daubentonia madagascariensis*. Les cinq familles de lémuriens existantes à Madagascar sont toutes représentées dans la le Parc Naturel Makira (Indriidae (Burnett, 1828), Lemuridae (Gray, 1821), Lepilemuridae (Stephan et Bauchot, 1965), Cheirogaleidae (Gray, 1873) et Daubentoniidae (Gray, 1873)).

De l'année 2005 jusqu'à l'année 2011, des travaux d'inventaires biologiques de lémuriens et de suivi écologiques ont été réalisés par l'équipe du Groupe d'Etude et de Recherche sur les Primates de Madagascar (GERP) dans cette zone, pour définir la valeur de la biodiversité et de connaître la viabilité d'espèces de lémuriens cibles (Rasolofson *et al.*, 2007). Les données ainsi obtenues sont jugées crucial pour procéder à la modélisation des aires de répartition des espèces dans le parc, afin de réorienter les actions de conservation. La prévision spatiale de la distribution des espèces a été récemment identifiée comme composante significative de la planification de la conservation (Franklin, 1995; Austin, 1998; Guisan *et al.*, 2000; Elith *et*

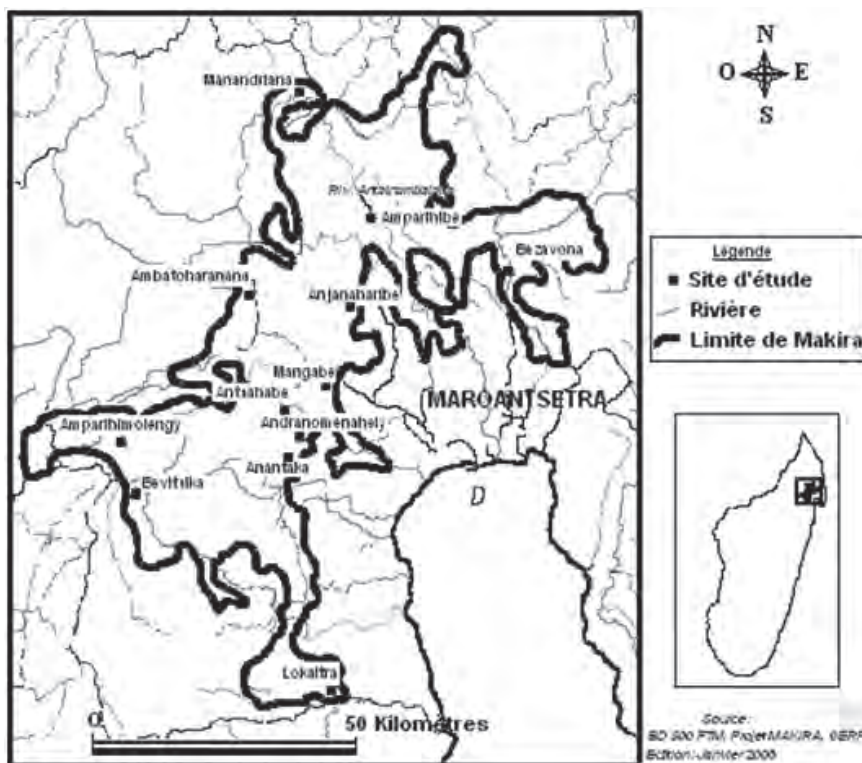


Fig. 1: Localisation des sites d'études.

al., 2002; Scott et al., 2002). La modélisation mathématique est un système de projection dans le temps et dans l'espace de la distribution des espèces. Elle est déterminée par des facteurs environnementaux i.e. par des variables physiques et biologiques (Hutchinson, 1957; Chuine et al., 2001) qui définissent l'environnement du site à étudier. Notre étude permet de prédire l'évolution de l'aire de répartition des espèces dans le Parc Naturel Makira. Elle permet également, de voir les tendances générales de la distribution de chaque espèce de lémuriens ciblés dans l'espace, et à savoir les zones de distributions préférentielles des animaux qui pourraient être dues à la stabilité écologique du milieu et/ou des zones critiques avec lesquelles la probabilité de détection des animaux pourrait être basse.

Méthodes

L'approche méthodologique consiste à estimer la probabilité moyenne de la détection de chaque espèce dans le temps, d'évaluer le niveau de viabilité de chaque espèce dans l'espace, de faire une prédiction sur la répartition du niveau de viabilité de l'espèce dans l'espace et de suggérer quelques recommandations pour leur conservation. Le Programme MAXENT (Maximum Entropy Species Distribution Modeling) (Phillips et al., 2006), ainsi que le Programme DIVA-GIS 5.1 (Hijmans et al., 2005a) ont été particulièrement choisis pour traiter les points GPS collectés. Ce sont des programmes très utilisés pour développer des scénarii de la distribution de chaque espèce en fonction des paramètres bioclimatiques et écologiques. Les points GPS ont été collectés de 2005 à 2011 par la méthode de suivi et de comptage des lémuriens au long des transects de 2km, dont on a enregistré les positions géographiques des espèces rencontrées (Schimid, 2000). Le programme Maxent sert à estimer la probabilité moyenne de détection des espèces de lémuriens dans le futur. Le logiciel DIVA-GIS sert à modéliser les impacts potentiels des changements climatiques sur la distribution des espèces à Makira à partir d'une enveloppe bioclimatique. Pour cette dernière, les variables climatiques de référence étaient de 1950 et 2000 (Hijmans et al., 2005b) qui ont été données par des pixels de 1 km², avec lesquelles, les variables climatiques suivantes ont été considérées: température moyenne annuelle; la pluviosité moyenne annuelle(mm); température maximale du mois le plus chaud (°C); température minimale du mois le plus froid (°C); précipitation minimale du mois le plus sec (mm); maximum de précipitation du mois le plus humide (mm); évapotranspiration totale annuelle (mm); équilibre annuel de l'eau (mm). Ces variables climatiques sont corrélées avec le pourcentage de la couverture forestière. La base des données climatiques 2020, 2050, 2080 prédites par HadCM3 (Hadley Centre, United Kingdom) a été utilisée pour confectionner cette étude. Par ailleurs, le programme Arc GIS 9.3 a été utilisé pour confectionner les cartes et calculer les surfaces de distribution. Le programme Minitab 13.3 a été utilisé pour des analyses des paramètres statistiques et pour dresser les graphiques de l'évolution de la probabilité de présence ou détection des espèces. A noter que, pour réaliser ces scénarii, chaque espèce doit représenter au minimum par 60 points de présence (Anderson et al., 2003)

Résultats et interprétations

Près de 3,000 points GPS des données de présence des espèces de lémuriens collectées par GERP et partenaires à travers des inventaires biologiques étaient utilisées. Parmi les 18 espèces de lémuriens étudiées à Makira, huit seulement (*Avahi laniger*, *Cheirogaleus major*, *Eulemur albifrons*, *Eule-*

mur rubriventer, *Indri indri*, *Lepilemur seali*, *Microcebus mittermeieri*, *Varecia subcincta*) ont eu un nombre d'enregistrement supérieur à 60, c'est l'effectif d'observation minimum pour exécuter ce genre de scénarii. Nous avons décidé d'accepter *Eulemur fulvus* du fait que son nombre d'observation est de 59 afin de maximiser le rendement de ce travail de recherche. Ainsi, le total des nombres d'observation ou les points de présence sur les neuf espèces étudiés est 2,272. La figure 2 ci-après présente les valeurs des probabilités moyennes de la détection de chaque espèce cible à partir des variables bioclimatiques, corrélées avec le pourcentage de la couverture forestière (PFC) (Fig. 2). Le PFC constitue la proportion de la zone couverte de forêt dans chaque pixel de 1km². Il s'agit d'une des 10 couches environnementales utilisées pour estimer la probabilité de détection de chaque espèce.

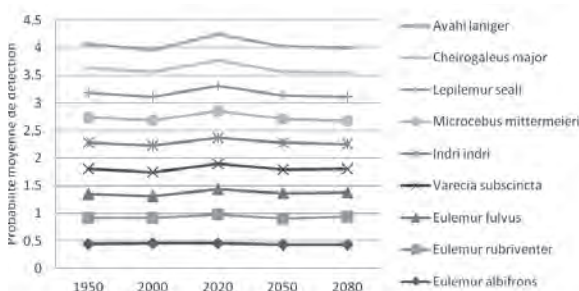


Fig. 2: La probabilité moyenne de la détection des espèces étudiées dans le temps.

Comparaison de la probabilité de détection de l'espèce dans le temps

D'après la figure 2, il est à remarquer que, les espèces nocturnes ont en général les probabilités moyennes de détection élevé par rapport à celles des diurnes, avec une moyenne de 38%, surtout pour l'espèce *Avahi laniger* est allé jusqu'à 48%. Une augmentation de la probabilité moyenne de détection a été remarqué presque dans tous les espèces étudiées durant l'année 2020.

Répartition du niveau de viabilité des espèces dans l'espace

Selon la modélisation des aires de répartition des espèces, une grande partie du Parc Naturel Makira (environ 150,000ha) n'offre plus un habitat convenable pour la plupart des lémuriens. Elle présente une faible probabilité de présence. Par contre, 100,000 à 125,000ha parmi la totalité semble assurer une haute viabilité des espèces (Fig. 3).

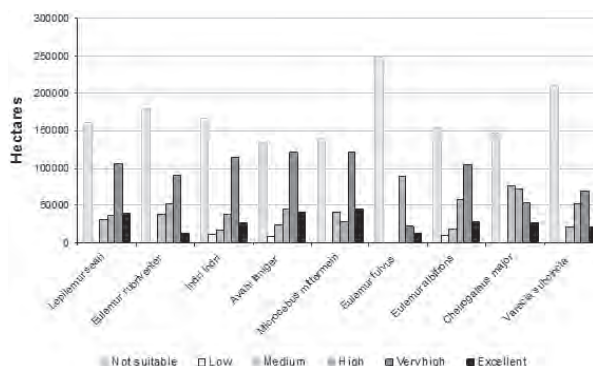


Fig. 3: Niveau de viabilité pour chaque espèce.

Nos résultats de modélisation suggèrent que bio-climatiquement, en moyenne 46% du Parc Naturel Makira n'est pas approprié pour les lémuriens contre 7.6% du parc seule-

ment pourrait assurer une excellente viabilité. Néanmoins, en plus des zones qui pourraient assurer une meilleure viabilité, environ 38% de Makira permettrait aux lémuriens de maintenir une viabilité classée très haute ou haute (Fig. 4). Néanmoins, le Parc Naturel Makira qui est un des Parcs ayant une meilleure gouvernance à Madagascar, constitue une Aire Protégée clé pour la conservation des lémuriens.

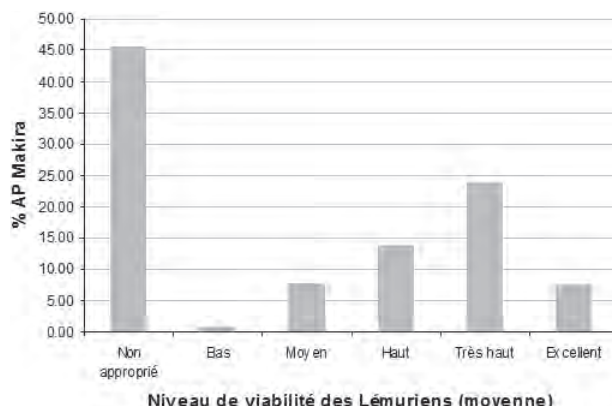


Fig. 4: Répartition du niveau de viabilité des espèces dans l'espace (%).

Prédiction

Nos résultats suggèrent que la probabilité de détection des espèces de lémuriens étudiés pourrait augmenter de 0.43 en 2000 jusqu'à 0.48 vers 2020. Par contre notre modèle suggère une baisse significative jusqu'au dessous de 0.45 après 2050 ($P < 0.05$). Ceci pourrait justifier que les espèces ne pourraient pas généralement échapper aux effets des changements climatiques, entre autres l'augmentation de la température et la baisse des précipitations.

Discussion

Avec un taux moyen de 1.95% par an, la déforestation était énorme à Madagascar avant 2000. Par contre, elle s'est ralentie à environ 1.28% par an et même au-dessous de 1% par an dans les différentes régions entre 2000 et 2005 (Moat and Smith, 2007). Par exemple, le taux moyen de déforestation dans la Région SAVA (districts de Sambava, Antalaha, Vohémar, Andapa) qui inclut une grande partie du Parc Naturel Makira présentait une réduction de 1.5%/an entre 1990 et 2000 vers 0.13%/an entre 2000 et 2005 (Moat and Smith, 2007). Selon la même source, près de 1,902,138ha de forêt ont été détruites entre 1990 et 2000 tandis qu'environ 500,000 ha sont partis en fumées entre 2000 et 2005. Néanmoins, on peut croire que la baisse relative du taux de déforestation a favorisé la régénération des essences forestières surtout dans les zones orientales et Sambirano où la croissance est assez rapide. Ceci nous laisse croire que la simulation du taux de couverture forestière tend à augmenter la chance de survie des espèces si on prévoit les dix prochaines années. D'où un léger accroissement de la probabilité de présence des espèces variant de 0.45 à 0.48 jusqu'en 2020 (Fig. 5).

Recommandations pour plan de gestion de conservation des lémuriens de Makira

Renforcement des stratégies devant les changements climatiques
Madagascar a ratifié le Protocole de Kyoto de la Convention cadre des Nations Unies sur le changement climatique. Le pays est en train d'écrire le document PRP décrivant les stratégies de mise en œuvre des luttes et adaptations

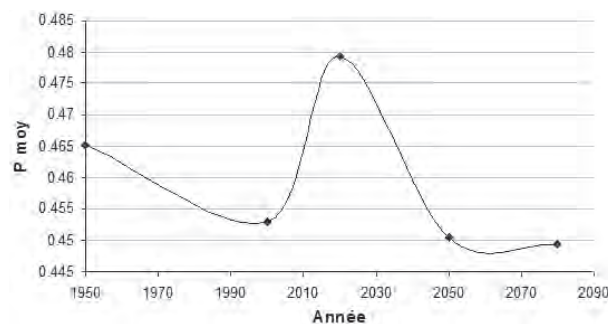


Fig. 5: Prédiction de la probabilité de détection des espèces de lémuriens étudiés de 1950-2080.

contre les changements climatiques qui serait mises en œuvre à partir de 2013. Makira mérite d'être un site pilote pour débiter les actions directes de lutte de façon à réduire l'effet de l'augmentation des températures et la baisse des précipitations prévues. Le gestionnaire devrait veiller à mobiliser les sociétés civiles ainsi que les autorités compétentes à prendre leur responsabilité dans la lutte contre les effets des changements climatiques.

Protection effective des zones à haute viabilité des lémuriens

Makira forme une des parcs naturels présentant une proportion élevée de Noyau dur couvrant 89% de l'ensemble du parc. A part les pressions naturelles tels que le cyclone, il est prudent de renforcer la protection des zones à haute viabilité des lémuriens de Makira. Ce sont les zones prioritaires de conservation. Il faut développer une sorte de patrouille villageoise régulière pour prévenir toutes formes d'infraction dans la forêt et aussi pour éviter les pressions.

Restauration des zones défrichées

Les scénarii de modélisation suggèrent une baisse graduelle du niveau de viabilité dans l'ensemble du parc Makira à partir de 2020 jusqu'au-delà de 2070. Ceci est suggéré par la réduction significative des probabilités de détection et la restriction des aires de répartition des espèces durant cette période. Pour réduire cette menace, il faudrait mener une action de restauration dans les zones dénudées ou défrichées avec des essences naturelles afin qu'elles soient par la suite recolonisées par les lémuriens.

Exploration des zones inaccessibles

L'exploration des zones difficilement accessibles est importante, afin d'améliorer le niveau de précision aux futures actions de modélisation. Ceci permettra de préciser la limite des zones hautement viables pour les lémuriens.

Conclusion

Les modélisations portées sur les lémuriens de Makira sont constituées d'une approche corrélatrice visant à utiliser les informations biogéographiques, afin de trouver les meilleurs moyens pour préserver les lémuriens. La présente étude nous a permis d'étudier le niveau de viabilité des espèces de lémuriens de Makira dans le futur et dans l'espace. Elle nous a permis également de capitaliser les données collectées sur terrain et d'utiliser les résultats de recherche en tant qu'outils de prise de décision à la conservation. La combinaison des facteurs bioclimatiques et écologiques dans les analyses de viabilité nous permettait d'estimer la probabilité moyenne de détection de chaque espèce dans l'ensemble du parc. Nos résultats de modélisation suggèrent que Makira (surtout la partie Est, Centre Est et Sud Est) pourrait

assurer une bonne viabilité pour ses lémuriens dans les prochaines années. La probabilité de détection des lémuriens varierait autour de 0.46 jusqu'en 2080. Par contre, nos résultats suggèrent aussi que comme les autres Aires Protégées dans les pays tropicaux, Makira ne pourra pas échapper aux effets de changement climatique. L'augmentation de température ainsi que la baisse prédite des précipitations auront une répercussion sur le niveau de viabilité des lémuriens. En effet, des mesures de conservations ont été proposées dans ce document afin de prendre les mesures nécessaires dans le meilleur délai.

Remerciements

Nous adressons nos meilleurs remerciements au Ministère de l'Environnement et des Forêts qui a autorisé ce travail de recherche, à WCS (Wildlife Conservation Society) qui a procuré une formation technique sur la modélisation des espèces. Nos sincères remerciements sont aussi adressés à l'endroit de REBIOMA (Réseau de Biodiversité de Madagascar) qui gère la base de données de biodiversité à Madagascar avec laquelle nous avons pu raffiner nos analyses de viabilité. Nous remercions également TNC (The Nature Conservancy) en collaboration avec Conservation International et WWF (World Wide Fund for Nature) pour avoir donné une formation technique sur MIRADI grâce auquel nous avons pu comprendre les méthodes d'élaboration d'un plan de gestion de la conservation d'une aire protégée.

Bibliographie

- Anderson, R.P.; Lew, D.; Peterson, A.T. 2003. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling* 162: 211-232.
- Austin, M.P. 1998. An ecological perspective on biodiversity investigations: examples from Australian eucalypt forests. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 85: 2-17.
- Bayliss, J.; Hayes, B. 1999. Le statut et la distribution des Chauves-souris, des Primates et des Papillons du Plateau de Makira, Madagascar.
- Chuine, I.; Beaubien, E.G. 2001. Phenology is a major determinant of temperate tree distributions. *Ecology Letters* 4: 500-510.
- Elith, J.; Burgman, M.A. 2002. Habitat models for PVA. In: C.A. Bringham; M.W. Schwan (eds.). *Population viability in plants*. Springer.
- Faramalala, M.H. 1998. Etude de la végétation de Madagascar à l'aide des données spéciales. Thèse de Doctorat d'état. Université de Toulouse.
- Franklin, J. 1998. Predicting the distribution of shrub species in southern California from climate and terrain-derived variables. *Journal of Vegetation Science* 9: 733-748.
- Guisan, A.; Zimmermann, N.E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147-186.
- Hijmans, R.J.; Guarino, L.; Bussink, C. 2005a. DIVA-GIS, version 5. Manual. <http://www.diva-gis.org>.
- Hijmans, R.J.; Cameron, S.E.; Parra, J.L.; Jones, P.G.; Jarvis A. 2005b. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.
- Hutchinson, G.E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology* 22: 415-457.
- IUCN, 2013. IUCN Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org. Version 2013.1.
- Meyers, D. 2001. Projet Forêts de Makira collaboration MEF-IRG/PAGE-USAID: 46.
- Moat, J.; Smith, P. 2007. Atlas of the vegetation of Madagascar. Kew Publishing, Royal Botanic Gardens, Kew.
- Phillips, S.J.; Anderson, R.P.; Schapire, R.E. 2005. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259.
- Raharivololona, B.M.; Ratsisetraina, R.I.; Day, S.R. 2003. Lémuriens des forêts humides du plateau de Makira, Maroantsetra, Madagascar. *Lemur News* 8: 18-19.
- Rasolofoson, R.D.W.; Rakotonratsimba G.; Rakotonirainy E.O.; Ratsimbazafy J.; Rakotozafy L.; Ratelolahy F.; Rasolofoharivelo T.; Valina A.; Sarovy A. 2007. Le bloc forestier de Makira charnière de lémuriens. *Lemur News* 12: 49-52.

- Schimid, J. 2000. Conservation planning in the Mantady-Zahamena corridor, Madagascar: Rapid Assessment Program (RAP). *Bonner Zoologische Monographien* 46: 285-296.
- Scott, J.M.; Heglund, P.J.; Samson, F.; Haufler, J.; Morrison, M.; Raphael, M.; Wall, B. 2002. Predicting species occurrences: Issues of accuracy and scale. Island Press, Covelo, CA, pp. 868.
- Wildlife Conservation Society. 2004. Project Makira (Wildlife Conservation Society/Projet Makira).

Abundance of five nocturnal species and the influence of habitat characteristics in the littoral forest of Tampolo, northeast Madagascar

Rachel Blow^{1*}, Jessica Fisher¹, Camilla Blasi Foglietti¹, Donna Wintersgill¹, Rachel Cornfoot¹, Robert Gré du Haut Razafindrakoto², Herman Anicet Tsiafa², Raymond Steve Gerard Andriatahinjanahary², Barry Ferguson², Joel Ratsirason³

¹Newcastle University, Newcastle Upon Tyne, NE1 7RU, United Kingdom

²Libanona Ecology Centre, BP42, Fort Dauphin (614), Anosy Region, Madagascar

³Département Des Eaux et Forêts, Antananarivo University, BP 175, Madagascar

*Corresponding author: rachelblow777@gmail.com

Key words: distance sampling; littoral forest; nocturnal; habitat characteristics

Abstract

Tampolo forest, in the north east of Madagascar, is a protected area of littoral forest, managed by ESSA- Forêts of the University of Antananarivo. Five species of nocturnal lemur are thought to be present in the forest; the aye-aye (*Daubentonia madagascariensis*), brown mouse lemur (*Microcebus rufus*), greater dwarf lemur (*Cheirogaleus major*), weasel sportive lemur (*Lepilemur mustelinus*) and eastern woolly lemur (*Avahi laniger*). However, currently there is a paucity of data on the density and distribution of these species. We used 20 line transects (0.5km in length) and distance sampling techniques to establish population sizes of lemur species and analysed our results using the software DISTANCE 6.0. The characteristics of lemur-used trees were catalogued during day surveys and compared to those of randomly selected trees to determine which characteristics were ecologically important to lemur species. Results indicate that the estimated population size of *A. laniger* is 150 individuals/km² (95% confidence interval: 84-267) and of *M. rufus* is 323 individuals/km² (95% confidence interval: 199-523). Only 3 individuals of *C. major* were observed and no individuals of *D. madagascariensis* or *L. mustelinus* were detected during line transects. This suggests low population sizes or potential difficulty in detecting these species, especially *D. madagascariensis*, which is at low natural densities throughout Madagascar and, given human persecution, has a high tendency for flight in the presence of humans. The average diameter at breast height (DBH) and height of trees used by *A. laniger* and the average height of trees used by *M. rufus* were significantly different to randomly selected trees. This suggests that particular trees may be of higher ecological importance to these lemur species than others, which enhances problems caused by deforestation. Our results suggest that the phenology of the trees used by both of these species was not a significant factor, though ex-

ploration into previous research suggest that our data may have been biased by seasonality. Further research on feeding ecology would be necessary to determine whether this is an important factor concerning lemur abundance in Tampolo Forest. Repetitions of our study over years to come will also serve to monitor long-term population trends in the region.

Introduction

Madagascar is considered one of the world's top conservation priorities, with high levels of both endemism and habitat destruction (Myers *et al.*, 2000). Anthropogenic pressures, such as deforestation, hunting, selective logging and mining are alarming threats to Madagascar's unique habitats (Ganzhorn *et al.*, 2001). The eastern littoral forest of Madagascar is amongst the country's most threatened ecosystems (Schatz, 2000); only fragments of it remain, with most of them being small, degraded and with low levels of protection (Dumetz, 1999). The littoral forest of Tampolo is a protected area, it is a 675 ha reserve that has been managed since 1959 by the Department of Forestry at the University of Antananarivo (ESSA- Forêts) and partnered by the Lemur Conservation Foundation (Ratsirarson and Ranaivonasy, 2002; Radosy, 2010).

Tampolo forest is a priority interest for biodiversity conservation due to its unique and diverse community of plant species as well as for its range of reptiles, amphibians, birds and mammals (Lemur Conservation Foundation, 2014). It too is suffering from the threat of encroaching human activities. Despite its protection, most of the adjacent *fokontany* still utilize the forest for prime materials, such as timber, fuel, food and medicine, and this unique ecosystem is slowly disappearing. There is therefore a strong need for solid alternative sources of these products through the implementation of a reforestation programme and the establishment of alternative local employment and livelihood diversification. Furthermore the forest of Tampolo is remarkably understudied (Ratsirarson and Goodman, 1998; Ratsirarson and Ranaivonasy, 2002), with a paucity of published data on the density and distribution of its flora and fauna.

This particular project focused on the five nocturnal lemur species that are thought to be present within the littoral forest (Ratsirarson and Ranaivonasy, 2002; Ratsirarson and Goodman, 1998); the aye-aye (*Daubentonia madagascariensis*), brown mouse lemur (*Microcebus rufus*), greater dwarf lemur (*Cheirogaleus major*), weasel sportive lemur (*Lepilemur mustelinus*) and eastern woolly lemur (*Avahi laniger*). Both *M. rufus* and *A. laniger* are listed under the Vulnerable category of the IUCN Red List (IUCN, 2013). *D. madagascariensis* is classified as Endangered (EN), *L. mustelinus* as Near Threatened (NT) and there is a lack of data on *C. major* which is listed as Data Deficient (DD). All species represent decreasing population trends. The aim of this study was to provide an updated account of the density and distribution of the nocturnal lemur species within Tampolo littoral forest and to identify the habitat characteristics preferred by the lemurs. It is hoped the results from this study will also serve as a starting point for future conservation, population monitoring and more detailed ecological studies of these threatened nocturnal lemurs in the Tampolo littoral forest.

Methods

Study Site

Research was conducted between 8th November 2013 - 12th December 2013 in Tampolo Forest, situated on the

east coast of Madagascar in the region of Toamasina, approximately 10 km north of Fenerive Est (17°17'S, 49°24'E) (Fig. 1). The climate is humid and the average temperature is approximately 24°C (Ratsirarson and Ranaivonasy, 2002). Line transects were conducted over approximately 520 ha within this fragment of littoral forest (Fig. 2).

Density

Line transect surveys and distance sampling techniques were used to collect data on lemur density (Anderson *et al.*, 1979). Twenty transects, 0.5 km in length, were established using existing trails and were chosen, using an existing map of the area, so that the total study area was evenly covered (Fig. 2) and a variety of habitat types represented (Meyler *et al.*, 2012) (Fig. 3). Each transect was walked 3 times at a speed of approximately 0.5km/hr between 18:20 and 20:20 (Atsalis, 1998; Lehman, 2006). Re-

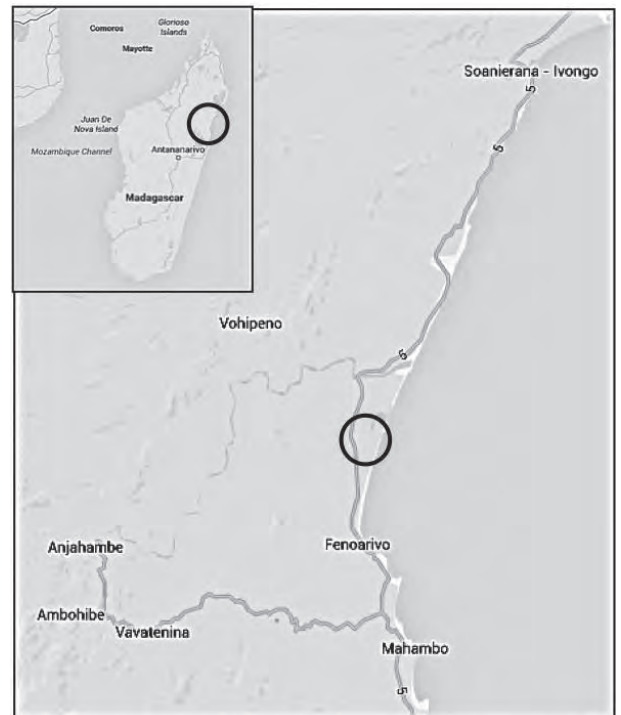


Fig. 1: Location of the Tampolo Forest study site within Madagascar (Ratsirarson and Ranaivonasy, 2002).



Fig. 2: Map of Tampolo Forest showing the twenty selected 0.5 km transect survey routes.

peats were conducted at regular intervals throughout the 30-day study period to minimize disturbance and account for variation within the survey period (Lehman, 2006). Two transects were surveyed per night by two separate groups consisting of 4 scientific researchers and 1 guide. To minimize observer bias: team members surveyed in alternate directions, team members were given designated roles and team composition was swapped daily (Buckland et al., 2001). Lemurs were sighted using strong torches to reflect eye glare (Stephenson et al., 1994). For each observation, the lemur species was recorded along with the time and the number of individuals present. Handheld GPS (Garmin E-Trex) were used to mark the coordinates of each sighting and to measure perpendicular distance from the transect line. Only individuals detected at a distance of 20m or less from either side of the transect line were recorded, giving a transect width of 20km². The software DISTANCE 6.0 (Thomas et al., 2010) was used to estimate the density and population size of lemur species.

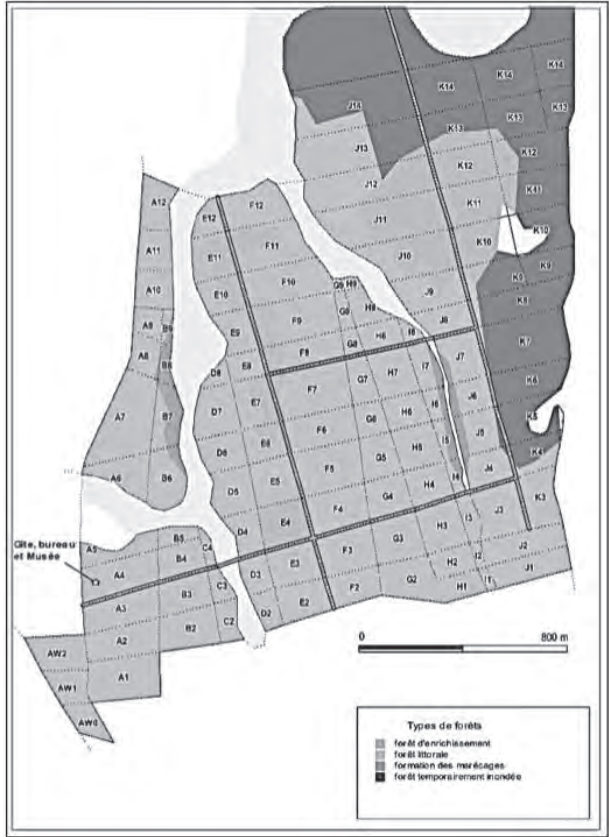


Fig. 3: Map of Tampolo Forest composed by ESSA-Forêts. The forest is divided into cells numbered AW1 to K14 for convenience of past logging activity. Forest types, assessed by ESSA-Forêts, include enriched forest (lightest), coastal forest (majority grey), swamp areas (darker), and temporarily flooded forest (darkest) (Ratsirarson and Ranaivonasy, 2002).

Habitat characteristics

Lemur-used trees were revisited the following day to collect habitat characteristic data. For each observation the diameter at breast height (DBH), height, species and phenology of the tree were recorded. The same characteristic details were recorded for a neighboring tree selected at random. These random trees were selected by walking a number of steps, generated using a random number table, in a particular direction, generated using a separate random number table (1=N, 2=NE, 3=E, 4=SE, 5=SW, 6=W,

7=NW) away from the lemur-used tree. The importance of lemur-used tree characteristics compared to random tree characteristics was analysed using the software Minitab Version 16; t-tests were conducted to determine whether lemur-used trees were of a significantly different height, DBH or phenology to random trees.

Results

Density

During our 30 night surveys, we observed *A. laniger* on 37 occasions. The mean density of *A. laniger* in the protected area of Tampolo Forest was 0.29 ind/ha (95% confidence interval: 0.16 - 0.51) generating an estimated population size of 150 individuals (95% confidence interval: 84 - 267) in the 520 ha of surveyed protected area. We observed *M. rufus* on 66 occasions over the survey period. The mean density of *M. rufus* was 0.62 ind/ha (95% confidence interval: 0.38 - 1.00) generating an estimated population of 323 individuals (95% confidence interval: 199 - 523) in the 520 ha of surveyed protected area. Only 3 individuals of *C. major* were observed and neither *D. madagascariensis* or *L. mustelinus* were detected during line transects.

Habitat characteristics

Three tree species showed a significant level of use by *A. laniger*: *Aucoumea klaineana*, *Maesopsis eminii* and *Gaertnera* sp. (Tab. 1). Four tree species showed a significant level of use by *M. rufus*: *Voapacka* sp., *Draceana reflexa*, *Coffea* sp. and *Bosqueia obovata* (Tab. 2). The average diameter of trees used by *A. laniger* was significantly different compared to that of randomly selected trees ($p=0.008$) (Fig. 4) whereas the average diameter of trees used by *M. rufus* was not ($p=0.058$). The average height of trees used by *A. laniger* was significantly different compared to that of randomly selected trees ($p<0.00$) (Fig. 5) as was the average height of trees used by *M. rufus* ($p=0.001$) (Fig. 6). The phenology of the trees used by both *A. laniger* and *M. rufus* were not significantly different to those of randomly selected trees ($p>0.005$). Investigation into the morphology of the two lemur species showed that the average body mass of *A. laniger* ranges from 900g – 1200g (Ganzhorn et al., 1985) and the average body mass of *M. rufus* is approximately 40g (Olivieri et al., 2007).

Tab. 1: Tree species most commonly used by *Avahi* during our surveys, along with the percentage of the total sightings seen in this tree species.

Tree Species	Percentage
<i>Aucoumea klaineana</i>	18.92
<i>Maesopsis eminii</i>	10.81
<i>Gaertnera</i> sp.	8.11
Other	62.16

Tab. 2: Tree species most commonly used by *Microcebus* during our surveys, along with the percentage of the total sightings seen in this tree species.

Tree Species	Percentage (%)
<i>Voapaka</i> sp.	8.06
<i>Draceana reflexa</i>	6.45
<i>Coffea</i> sp.	4.84
<i>Bosqueia obovata</i>	4.84
Other	75.81

Discussion

Results indicate that populations of *M. rufus* (Fig. 7) and *A. laniger* (Fig. 8) are highly abundant within Tampolo Forest.

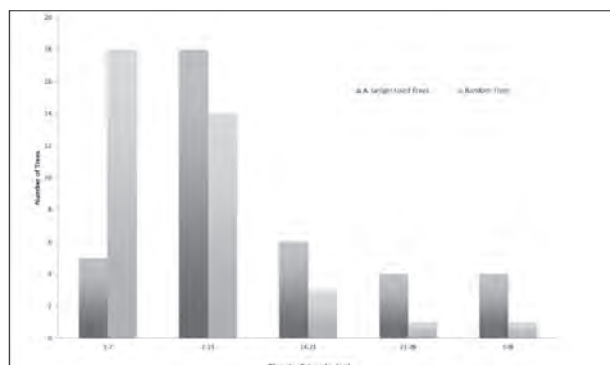


Fig. 4: Number of trees used by *Avahi* that lie within each DBH category.

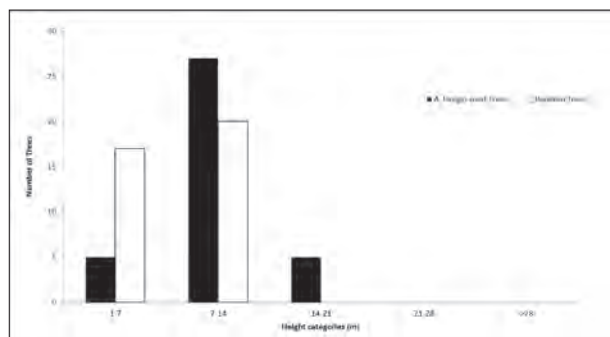


Fig. 5: Number of trees used by *Avahi* that fall within each height category.

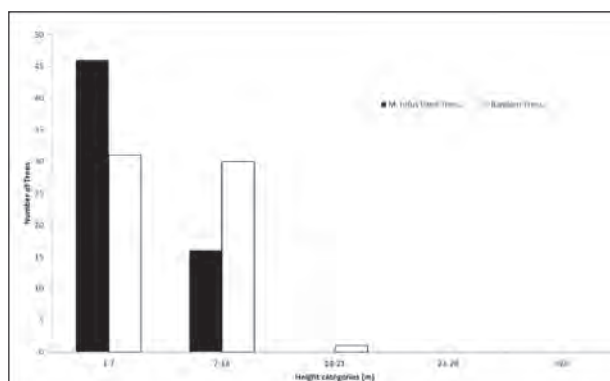


Fig. 6: Number of trees used by *Microcebus* that fall within each height category.

In contrast, only small numbers of *C. major* were detected and there were no sightings of *L. mustelinus* or *D. madagascariensis* over the study period. Failure to detect these species, which are expected to occur in the area (Ratsirarson and Ranaivonasy, 2002; Ratsirarson and Goodman, 1998), implies a low density, whilst even raising concerns over their current existence within Tampolo Forest. Importantly, this finding may also suggest weaknesses in the method of analysis or length and timing of the study (Duckworth, 2008; Johnson and Overdorff, 1999; Meyler et al., 2012). Consequently, further research is needed to confirm the presence and population sizes of these species in Tampolo. However, our findings are in accordance with IUCN data, indicating declining populations of *L. mustelinus*, *C. major* and *D. madagascariensis*, and widespread populations of *M. rufus* and *A. laniger* across the forest (Schwitzer et al., 2013). There is very little data on the distribution and density of *C. major* throughout Madagascar (IUCN, 2013), as they are so dif-

ficult to detect in the field. The low abundance of *C. major* may be attributed to the effects that habitat coexistence and edge effects have on their detection. In a study of forest edge effects, Lehman (2006) found that *C. major* density was greatest in the forest interior, and lowest at the edge, with tree diameter being an important covariate relating to food availability. With transects positioned along pre-existing man-made forest trails, and only a small percentage of lemur-used trees in fruit or flower, it could be likely that edge effects played a role in detecting individuals. Coexistence of *C. major* with other *Microcebus* species has also been shown to cause niche separation in a study by Lahann (2007). *C. major* has thus been found to feed at greater tree heights, affecting detection ability as well as identification; our three sightings were made on trees with great DBH and height. However, the low abundance of *C. major* may also be due to more alarming threats, therefore more in-depth study would be needed to determine a more accurate population size for *C. major*. Ethnoprimate knowledge from the surrounding *fokontany* suggest that *D. madagascariensis* has been recently sighted in Tampolo Forest. However, the team visited a suspected *D. madagascariensis* nest and, though a camera trap was left for one week at the site, no observations were made. An analysis of Minimum Viable Population (MVP) (Harcourt, 2002) will be necessary to determine whether our abundance estimates indicate that lemur populations within this forest fragment are stable; methods of data collection such as the use of population indices may be more practical for this analysis than nocturnal searches (Setchell et al., 2011). In addition, repetitions of our study over years to come would serve to monitor long term population trends in the region, thus assisting any management strategies designated to the area.

Data on habitat characteristics indicate that *A. laniger* are more likely to be found on trees of greater height and DBH, whilst *M. rufus* is more likely to be observed on shorter trees but has no significant preference concerning DBH. Ganzhorn (1995) found that *Microcebus* species are particularly adaptable to changes in habitat composition and can often be found in degraded habitat (Ganzhorn, 1995). This is partially due to their small body mass and size, in comparison with *A. laniger* (Olivieri et al., 2007) but also due to their more diverse, omnivorous diet which can also change depending on the season (Radespiel, 2006). The findings of this study further suggest that *A. laniger* is notably found on trees of *Aucoumea klaineana*, also found by Ratsirarson and Ranaivonasy (2002), as well as *Maesopsis eminii* and *Gaertnera* sp. *M. rufus* was notably found on *Voapaka* sp., *Draceana reflexa*, *Coffea* sp. and *Bosqueia obovata*. These findings suggest that these tree species are of ecological importance to the lemurs. Importantly, sociological surveys of the surrounding *fokontany* indicate that selective logging for tree species of *Aucoumea* and *Voapaka* may negatively impact populations of lemur species; Rabeson (2011) suggests that *Voapaka* is one of the most exploited tree species in this area. Tree phenology did not seem to have a significant impact on *A. laniger* or *M. rufus*. However, prior studies have noted the importance of fruit seasonality influencing lemur abundance, for example, Lehman (2006) demonstrates that seasonality specifically relating to periods of fruit exploitation may influence density estimates of *C. major* and *M. rufus*, although this does not apply to *A. laniger*, which is primarily a folivorous species (Ganzhorn et al., 1985). Our own sociology studies in the *fokontany* surrounding Tampolo forest supported this as well, where sightings of *L. mustelinus* were reported to take place when certain fruits were in season. Extending



Fig. 7: *Microcebus rufus*.

the study period, or conducting multiple short-term expeditions throughout the year, to include multiple seasons, may assist in eliminating this bias.

Using the network of paths, there is great potential for the establishment of nature tourism within the forest, with high numbers of both diurnal and nocturnal lemur sightings made on the main paths. Interviews with residents of the adjacent *fokontany* suggest this would be widely accepted in the region, and generate employment benefits for the communities as an alternative to selectively logging the forest for sustenance. Further work must assist the introduction of such a network of tourism, alongside the infrastructure and capacity building necessary to support this, such as language skills, electricity, and biological knowledge. Furthermore, a communal strategy for management through all stakeholders is necessary to successfully mitigate a strategy for conservation management of this fragment of littoral forest, as suggested by Ratsirarson and Ranaivonasy (2002). We also propose that the amenities such as the beach, proximity to local tourist destination Ile Saint Marie, and camping trails are used as part of the tourism product.

Acknowledgments

The authors would like to thank ESSA-Forêts of the University of Antananarivo for their collaboration and permissions to conduct research at Tampolo. A special thanks also goes to Barry Ferguson for all of his help and guidance with the planning and execution of the project. A final thanks goes to Newcastle University Alumni Association, the Royal Geographical Society, Gilchrist Educational Trust, the Scientific Exploration Society and Altierre Training for their funding and support of the project.

References

- Anderson, D.R.; Laake, J.F.; Crain, B.R.; Burnham, K.P. 1979. Guidelines for line transect sampling of biological populations. *The Journal of Wildlife Management* 43: 70-78.
- Atsalis, S. 1998. Seasonal fluctuations in body fat and activity levels in a rain-forest species of mouse lemur *Microcebus rufus*. *International Journal of Primatology* 20: 883-910.
- Buckland, S.T. 1985. Perpendicular distance models for line transect sampling. *Biometrics* 41: 177-195.
- Buckland, S.T.; Anderson, D.R.; Burnham, K.P.; Laake, J.L.; Borchers, D.L.; Thomas, L. 2001. *Introduction to distance sampling*. Oxford University Press, UK.
- Duckworth, J.W. 1998. The difficulty of estimating population densities of nocturnal forest mammals from transect counts of animals. *Journal of Zoology* 246: 466-468.
- Ganzhorn, J.U. 1995. Low-level forest disturbance effects on primary productions, leaf chemistry, and lemur populations. *Ecology* 76: 2084-2096.
- Ganzhorn, J.U.; Lowry, P.P. II; Schatz G.E.; Sommer S. 2001. The biodiversity of Madagascar: one of the world's hottest hotspots on its way out. *Oryx* 35: 346-348.
- Harcourt, A.H. 2002. Empirical estimates of minimum viable



Fig. 8: *Avahi laniger*.

- population sizes for primates: tens to tens of thousands? *Animal Conservation* 5: 237-244.
- IUCN. 2013. IUCN Red List of Threatened Species. www.iucn-redlist.org. Downloaded on 10 March 2014.
- Johnson, S.E.; Overdorff, D.J. 1999. Census of brown lemurs (*Eulemur fulvus* spp.) in southeastern Madagascar: methods-testing and conservation implications. *American Journal of Primatology* 47: 51-60.
- Lahann, P. 2007. Feeding ecology and seed dispersal of sympatric cheirogaleid lemurs (*Microcebus murinus*, *Cheirogaleus medius*, *Cheirogaleus major*) in the littoral rainforest of south-east Madagascar. *Journal of Zoology* 271: 88-98.
- Lehman, S.M. 2006. Effects of transect selection and seasonality on lemur density estimates in southeastern Madagascar. *International Journal of Primatology* 27: 1041-1057.
- Lemur Conservation Foundation 2009. Tampolo News. www.lemurreserve.org. Downloaded on 12 March 2014.
- Meyler, S.V.; Salmons, J.; Ibouroy, M.T.; Besolo, A.; Rasolondriabe, 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.; Ganzhorn, J.U.; Konstant, W.R.; Glander, K.; Tattersall, I.; Groves, C.P.; Rylands, A.B.; Hanke, A.; Ratsimbazafy, J.; Mayor, M.I.; Louis Jr., E.E.; Rumpler, Y.; Schwitzer, C.; Rasoloarison, R.M. 2008. Lemur diversity in Madagascar. *International Journal of Primatology* 29: 1607-1656.
- Myers, N.; Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G.; da Fonseca, G.A.B.; Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Olivieri, G.; Zimmermann, E.; Randrianambinina, B.; Rasoloharijaona, S.; Rakotondravony, D.; Guschanski, K.; Radespiel, U. 2007. The ever-increasing diversity in mouse lemurs: three new species in north and northwestern Madagascar. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 43: 309-327.
- Rabeson, H.D. 2011. Proposition d'une stratégie de conservation du *Insia bijinga* Leguminosae et du *Uapaca thousarii* (Euphorbiaceae) de la forêt classée de Tampolo avec la participation villageoise. University of Antananarivo, Madagascar.
- Radespiel, U. 2006. Ecological diversity and seasonal adaptations of mouse lemurs (*Microcebus* spp.). Pp. 211-233. In: L. Gould; M.L. Sautter (eds.). *Lemurs: ecology and adaptation*. New York: Springer.
- Radosy, O.H. 2010. Contribution dans l'élaboration du plan d'aménagement et de gestion de la nouvelle Aire protégée - Tampolo Commune Rurale d'Ampasina - Maningory District de Fenoarivo - Ansinanaria, Région Analanjirofo. University of Antananarivo, Madagascar.
- Ratsirarson, J.; Goodman, S.M. (eds.). 1998. *Inventaire Biologique de la Forêt Littorale de Tampolo (Fenoarivo Atsinanana). Recherches pour le Développement. Série Sciences Biologiques. Vol. 14. Centre d'Information et de Documentation Scientifique et Technique, Antananarivo, Madagascar.*
- Ratsirarson, J.; Ranaivonasy, J. 2002. *Ecologie des Lemuriens dans la forêt Littorale de Tampolo*. Lemur News 7: 26-29.
- Schatz, G.E.; Birkinshaw, C.; Lowry, P.P. II; Randrianfika, F.; Ratooson, F. 2000. The endemic plant families of Madagascar project: integrating taxonomy and conservation. Pp 11-24. In: W.R. Lourenco; S.M. Goodman (eds.). *Memoires de la Société de Biogéographie*, Paris.
- Schwitzer, C.; Mittermeier, R.A.; Davies, N.; Johnson, S.; Ratsimbazafy, J.; Razafindramanana, J.; Louis Jr., E.E.; Rajaobelina, S. (eds). 2013. *Lemurs of Madagascar: A strategy for their con-*

- servation 2013-2016. Bristol, UK: IUCN SSC Primate Specialist Group, Bristol Conservation and Science Foundation, and Conservation International.
- Setchell, J.M.; Curtis, D.J. 2011. Field and laboratory methods in primatology: A practical guide. Cambridge University Press, UK.
- Simons, E.L.; Meyers, D.M. 2001. Folklore and beliefs about the Aye aye (*Daubentonia madagascariensis*). *Lemur News* 6: 11-16.
- Stephenson, P.J.; Randriamahazo, H.; Rakotoarison, N.; Racey, P.A. 1994. Conservation of mammalian species diversity in ambohitantely special reserve. *Biological Conservation* 69: 213-218.
- Thomas, L.; Buckland, S.T.; Rexstad, E.A.; Laake, J.L.; Strindberg, S.; Hedley, S.L.; Bishop, R.B.; 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.

Sahanambolena: un nouveau site pour *Prolemur simus* dans le Corridor d'Ankeniheny-Zahamena, Madagascar

Lucien Randrianarimanana^{1,2*}, Maholy Ravaloharimanitra^{1*}, Tony King^{1*}

¹The Aspinall Foundation, BP 7170 Andravoahangy, Antananarivo 101, Madagascar

²Groupe d'Etude et de Recherche sur les Primates de Madagascar (GERP), Lot 34 Cité des Professeurs Fort Duchesne, Ankatso, Antananarivo 101, Madagascar

*Corresponding authors: luxra_hery@yahoo.fr, rrmahooly@gmail.com, tonyk@aspinallfoundation.org

Mots-clés: *Prolemur simus*, conservation, Corridor Ankeniheny-Zahamena

Résumé

Le grand hapalémur (*Prolemur simus*) est considéré comme un des lémuriens les plus en danger de Madagascar. Suite à une prospection collaborative en 2009 de nouveaux sites ont été identifiés comme abritant cette espèce dans des zones se trouvant dans la lisière ouest du Corridor Ankeniheny-Zahamena (CAZ), et dont des transferts de gestion aux communautés de base (COBAs) ont été mis en place et/ou renouvelés. Toutefois, les sites gérés par ces COBAs ne constituent qu'une infime partie du CAZ et la réelle distribution de *P. simus* dans ce corridor forestier demeure encore floue. Ainsi, sur la base des informations collectées auprès des populations locales, d'autres prospections dans d'autres parties du corridor forestier ont été mises en œuvre, ayant permis la découverte de deux nouveaux sites abritant *P. simus*. A Ranomainty Nord, un site encore vers la lisière ouest du CAZ, nous avons trouvés des signes de consommation par *P. simus* de bambous géants *Cathariostachys madagascariensis*. A Sahanambolena, située à l'est de Sahanomana, nous avons observé des grands hapalémurs plusieurs fois en 2012 et 2013. Ce dernier se trouve au cœur du CAZ. C'est une forêt primaire intacte. Un suivi mensuel accompagné d'une courte visite périodique est nécessaire pour pouvoir améliorer les connaissances sur les groupes et mieux orienter les stratégies de conservation. En parallèle, une officialisation de la conservation de Sahanambolena au sein des autorités locales et hiérarchiques est préconisée pour un meilleur résultat: un COBA (Maintsoanala) de Sahanomana projetterait d'intégrer cette partie dans leur zone de transfert de gestion.

Abstract

The greater bamboo lemur *Prolemur simus* is considered to be one of the most threatened lemurs in Madagascar. Collaborative surveys in 2009 discovered new sites for the species within the Ankeniheny-Zahamena rainforest corridor (CAZ), particularly along the western limit of the corridor. Community-based management zones were subsequently renewed or created for many of these sites. However, these zones cover only a small portion of the CAZ, and the full distribution of *P. simus* within the corridor remains unknown. Therefore, based on local knowledge, we prospected three other sites within the corridor and discovered evidence for *P. simus* presence at two of them. At Ranomainty Nord, a site again along the western edge of the corridor, we found feeding signs of *P. simus* on giant bamboo *Cathariostachys madagascariensis*. At Sahanambolena, east of the village of Sahanomana, we observed a group of *P. simus* on several occasions during 2012 and 2013. This site is located within the central core of the CAZ, and is characterised by intact primary rainforest. Monthly monitoring is necessary to improve knowledge of these new groups, and orient conservation strategies. At the same time the establishment of an official conservation zone for Sahanambolena is recommended: the Maintsoanala COBA based in Sahanomana hope to integrate the site into their management transfer zone.

Introduction

Etant donné la spécificité du régime alimentaire, composé principalement de bambou avec des chaumes de grande taille (Tan, 1999; King et al., 2013a), de son aire de distribution géographique limitée et des pressions anthropiques sur son habitat (Olson et al., 2013), le grand hapalémur (*Prolemur simus*) est classé en danger critique d'extinction (UICN, 2013) par l'UICN et est considéré comme une des lémuriens les plus en danger de Madagascar (Wright et al., 2008, 2009). Un programme collaboratif et multidisciplinaire de conservation de l'espèce est en cours depuis quelques années (King et Chamberlan, 2010; Rakotonirina et al., 2011).

La découverte de la présence de *P. simus* à Torotorofotsy (Dolch et al., 2004, 2008) dans le Commune Rurale d'Andasibe a redonné l'espoir de la possibilité de présence de l'espèce dans le corridor forestier d'Ankeniheny-Zahamena, un corridor connecté avec Torotorofotsy (Fig. 1). Suite à une prospection collaborative entre The Aspinall Foundation, l'Association Mitsinjo, GERP et Conservation International, de nouveaux sites ont été identifiés comme abritant cette espèce dans des zones se trouvant dans la lisière ouest du CAZ (Ravaloharimanitra et al., 2011), et dont des transferts de gestion aux Communautés de Base (COBAs) ont été mis en place et/ou renouvelés (King et al., 2013b). Des patrouilleurs locaux ont été alors mis en place pour assurer le suivi et les collectes de données périodiques sur les groupes et individus découverts (Ravaloharimanitra et al., 2011), un travail qui continue toujours pour les sites de Ranomainty (dont Ampanto), Sakalava et Rabaona (Randrianarimanana et al., 2012; Olson et al., 2012; King et al., 2013b; Fig. 1). Ces COBAs bénéficient également des appuis divers de The Aspinall Foundation (Chamberlan, 2012; Chamberlan et al., 2013; King et al., 2013b; Rasolofoharivelo et al., 2013).

Toutefois, les sites gérés par ces COBAs ne constituent qu'une infime partie du CAZ et la réelle distribution de *P. simus* dans ce corridor forestier demeure encore floue. Ainsi, sur la base des informations collectées auprès des populations locales, d'autres prospections dans d'autres

parties du corridor forestier ont été mises en œuvre (Fig. 1), et ont permis la découverte d'autres groupes de l'espèce dans le corridor.

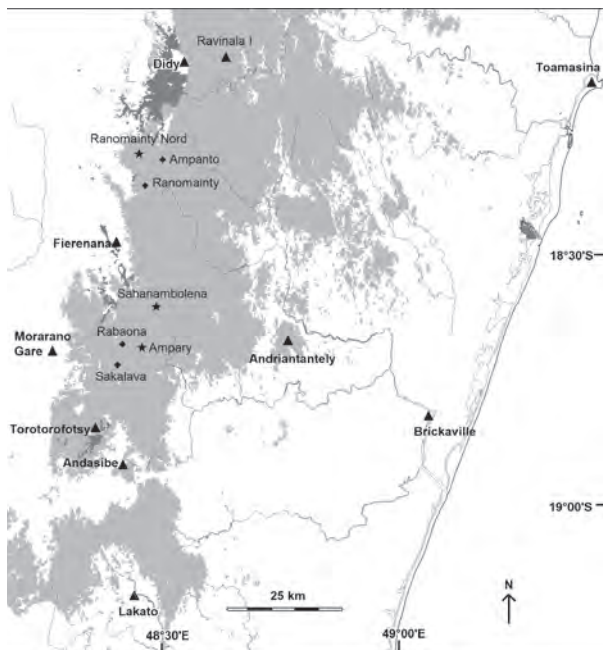


Fig. 1: Carte montrant une grande partie du Corridor Ankeniheny-Zahamena, avec les trois sites d'études (étoiles), nos quatre sites de suivi permanents de *P. simus* (diamants), la couverture forestière approximative (gris clair), les rivières et zones humides (gris foncé) et d'autres localités (triangles).

Méthodes

Enquête préliminaire

Des enquêtes sous forme de dialogue libre ont été réalisées auprès des représentants administratifs (présidents Fokontany), et traditionnels (les Tangalamena) et des personnes rencontrées dans la forêt (propriétaires de zébus, etc.). Le but des enquêtes étant de collecter des informations concernant la présence de *P. simus* et de bambous dans la forêt ainsi que les facteurs pouvant menacer la biodiversité selon leurs perceptions.

Vérification sur terrain

Pour vérifier les informations collectées au cours des enquêtes, nous avons visité les lieux pouvant abriter *P. simus*. Nous avons recherché des signes (anciens ou nouveaux) pouvant indiquer sa présence. Par ailleurs, d'autres informations concernant les sites telles que les caractéristiques et la qualité de l'habitat, les différents types de menace et leur importance relative ont été notées.

Sites de prospection

Sahanomana est un Fokontany dans la commune rurale de Fierenana, situé entre le village de Fierenana et celui de Rabaona. Le résultat de l'enquête nous a permis de connaître trois sites potentiels cités par les personnes interviewées: Sahalava, Sahanambolena et Behasina. Après avoir discuté avec les guides et les patrouilleurs de Rabaona, nous avons décidé de prospecter celui de Sahanambolena (18,6033°S 48,4883°E, altitude 910-1030m; Fig. 1). Ce site est situé à l'est du village de Sahanomana.

Ranomainty Nord (18,2977°S 48,4517°E, altitude 1000-1200m) se trouve au nord ouest du village de Ranomainty,

Commune de Didy, mais la forêt que nous avons prospectée est une forêt en continuité avec la forêt gérée par la COBA Alamaitso (site «Ranomainty» dans la Fig. 1). C'est une forêt primaire encore dense avec de grands arbres mais perturbée par des exploitations illicites de bois et de pierres précieuses. Des massifs de bambous ont été identifiés dans les vallées, aux alentours des rivières et surtout dans les endroits encore non transformés en zones agricoles.

Le site d'Ampary (18,6848°S 48,4582°E, altitude 960-1100m) se trouve à l'intérieur du CAZ (Fig. 1), à l'est de Rabaona dans la Commune de Morarano gare. Dans cette zone la forêt primaire a été perturbée par des exploitants de bois précieux il y a une dizaine d'années, mais hébergeant des zones de bambou dans les vallées et mi-versants.

Résultats

Présence de *P. simus* à Sahanomana

En 2012 lors des deux visites à Sahanambolena, en novembre et décembre, nous avons observé des individus de *P. simus* et des signes de consommation de bambous géants *C. madagascariensis* (Figs. 2, 3). En effet, 10 individus au total ont été enregistrés dont un male, deux femelles, un juvénile, un nouveau né et cinq autres de sexe et âge non identifiés. En 2013, nous avons également fait deux visites à Sahanambolena, en août et en novembre/décembre. Entre le 18 et 21 août nous avons trouvé beaucoup de signes de consommation de bambous (anciens et nouveaux) sur l'endroit où nous avons observé les individus de *P. simus* l'année précédente. Les traces de nourrissage étaient composées d'anciennes datant environ du mois de février (jeunes troncs de *C. madagascariensis*) et de nouvelles traces (feuilles). De plus, nous avons observé de nouveaux signes de nourrissage sur une espèce de palmier nommée localement Bedoda (*Dipsys* sp.). Nous avons pu observer directement aussi *P. simus*, mais nous n'avons pas pu les compter exactement, car ces individus étaient plus furtifs que l'année précédente. Cette apparente crainte pourrait être expliquée par la présence de trois chiens qui accompagnaient des locaux venus récolter des pousses de palmiers. Du 30 novembre au 4 décembre 2013 nous n'avons vus directement que trois *P. simus*, pourtant les signes de consommation de bambous nous laissent penser qu'il y a beaucoup plus d'individus.

Présence de *P. simus* à Ranomainty Nord

Selon la population locale auprès de laquelle nous avons réalisé les enquêtes, *P. simus* était présent et nombreux aux alentours de la rivière Ranofotsy il y a quelques années. La vérification sur terrain du 12 au 14 mai et du 13 au 16 août 2013 nous a permis de constater que la plupart des forêts de bambou dans cette localité a été transformée en zone agricoles. Par contre d'autres personnes nous ont confirmé que les individus de *P. simus* dans ces localités se sont déplacés vers l'ouest. De ce fait, notre fouille a été étendue vers la région de Sahanomana, et des signes de consommation de bambous de *P. simus* datant d'environ deux semaines y ont été observés.

Présence de *P. simus* à Ampary

Durant les quatre jours de fouille dans cette localité du 15 au 18 avril 2013, nous n'avons pas pu trouver des signes de *P. simus*. En fait, la personne qui nous a informés de la possibilité de présence de l'espèce dans cette localité aurait pu confondre la destruction des nouvelles pousses de bambou suite au passage des sangliers avec les signes de passage de *P. simus*.



Fig. 2: *P. simus* à Sahanambolena, site de Sahanomana, novembre 2012. (Photo: Lucien Randrianarimanana)

Tab. I: Tableau récapitulatif des espèces de lémuriens rencontrés dans chacun des trois sites.

Espèce	Sahanambolena	Ranomainty Nord	Ampary
<i>P. simus</i>	Directe	Traces	Aucune trace
<i>V. variegata</i>	-	Directe	Directe
<i>Indri indri</i>	Directe	Directe	Directe
<i>Propithecus diadema</i>	Directe	Directe	-
<i>Hapalemur griseus</i>	Directe	Directe	Directe
<i>Eulemur rubriventer</i>	Directe	-	-
<i>Eulemur fulvus</i>	Directe	Directe	Directe
<i>Cheirogaleus</i> sp.	Directe	Directe	-

Autres lémuriens recensés dans les sites

Lors de nos patrouilles diurnes, nous avons rencontré directement sept espèces de lémurien autre que *P. simus* (Tab. I). Nous tenons à remarquer que nous n'avons rencontré aucun individu ni entendu des vocalisations de *Varecia variegata* dans le site de Sahanambolena durant nos prospections.

Pression et menace existant dans le site de Sahanambolena

Comme exposé auparavant, Sahanambolena se trouve en pleine cœur du CAZ (Fig. 1), à une vingtaine de kilomètres environ à l'est du village de Sahanomana, les activités dans la forêt sont moins importantes. Par contre, nous avons noté beaucoup de signes de passage de personnes et des traces de recherche de produits forestiers comestibles. Nous n'avons trouvé aucun indice de chasse aux lémuriens et d'autres animaux pendant les deux descentes en 2012. Pourtant ce site est un lieu de passage des exploitants aurifères allant vers une carrière dite Behasina se trouvant un peu plus à l'est. De plus, cette partie de forêt est un lieu de pâturage des bovidés de certaines personnes du village de Sahanomana. Selon les guides, il y a trois personnes qui ont des zébus dans cette forêt. Enfin, nous n'avons trouvé qu'une seule habitation humaine temporaire avec environ deux ha de rizières aux environs du site.

Pendant la mission en août 2013, nous avons constaté qu'il y a des personnes qui font de la petite cueillette dans la forêt. Elles y viennent avec des chiens. Avec leurs activités (coupe de palmiers, chasse au miel ...), elles pourraient perturber la biodiversité en général et les lémuriens en particulier. La présence d'une carrière aurifère se trouvant à Behasina (dans la partie est) pourrait être une grande menace pour la biodiversité dans ce site, car les orpailleurs étant généralement une population pauvre et sans ressources, la forêt pourrait devenir leur lieu de salut. De plus, si au début, nous



Fig. 3: Signes d'exploitations de sources alimentaires de *P. simus* sur les nouvelles pousses du bambou *C. madagascariensis* à Sahanambolena, site de Sahanomana, novembre 2012. (Photo: Lucien Randrianarimanana)

avons dénombré le passage d'environ une cinquantaine de personnes par jour dans ce site, et constaté une augmentation de la fréquence de personnes entrant dans la forêt (les une allant vers des carrières aurifères, les autres faisant des petites cueillettes) lors de la mission de novembre/décembre 2013.

Pression et menace existant à Ranomainty Nord

La transformation des pleines aux alentours des rivières et les vallées en rizières constitue une menace grave pour la biodiversité en général et surtout pour les lémuriens mangeurs de bambou (*H. griseus* et *P. simus*). De plus, des exploitants illicites de bois précieux et ordinaires y ont envahi la forêt il y a quelques mois (Fig. 4). De nouveaux pièges à lémuriens ont été observés aussi.

Comme tous les sites dans la partie ouest du CAZ, cette partie de forêt n'échappe pas aux menaces dues à l'exploitation aurifère (Fig. 5). En effet, nous avons trouvé beaucoup de trous de sondage utilisés lors de l'exploitation. Ces traces des exploitants se sont rependues presque dans toutes les vallées dans la forêt.

Pression et menace existant à Ampary

Même si la localité d'Ampary se trouve à l'intérieur du CAZ (Fig. 1), nous y avons observé des habitations humaines. Ne faisant pas exceptions aux habitudes culturelles de la plupart des personnes dans cette zone, ces personnes pratiquent la culture sur brûlis pour survivre. De plus, de nouveaux pièges à lémuriens ont été aussi observés le long de l'ancienne route.

Discussion

Les sites de Sahanomana et Ranomainty Nord sont des sites riches en termes de biodiversité en général et de lémuriens en particulier. Pourtant, des facteurs jugés menaçant leur survie ont été identifiés. Le site de Ranomainty Nord est un site en connectivité avec celui de Ranomainty (ou «Ranomainty Sud»). Mais il n'est pas inclus dans le noyau dur du CAZ et n'est pas inclus non plus dans n'importe quel transfert de gestion géré par une communauté de base. Pourtant, il se peut que ce soient les individus du site de Ranomainty Sud qui se déplacent dans cette partie. L'absence de toute forme d'organisation pour la conservation de l'environnement dans ce site favorise beaucoup les différentes formes de menaces. La présence d'une route d'évacuation de bois exploités dans la partie d'Ambohibe favorise l'exploitation illicite de bois précieux et ordinaires. La connectivité avec d'autres forêts constitue une menace pour celles-ci, étant



Fig. 4: Exploitation illicite des bois précieux et ordinaire à Ranomainty Nord. (Photo: Lucien Randrianarimanana)

donné que ces communautés gestionnaires sont encore débutantes techniquement et logistiquement.

La localité de Sahanambolena à l'est de Sahanomana est un nouveau site abritant *P. simus* qui se trouve en pleine CAZ, dans le noyau dur. C'est une forêt primaire intacte. Le type de bambou existant dans ce site est le *C. madagascariensis*: des plots botaniques faits lors de la première descente nous donne une densité relative de 1.957 pieds par hectare (densité approximativement la même ou un peu moins par rapport aux autres sites abritant *P. simus*; H.L.L. Randrianarimanana, données non-publiées). La période de suivi étant ponctuelle, et compte tenu de l'évolution du contexte socio-économique du milieu, il a été difficile d'avoir une certitude sur l'abondance et la distribution de l'espèce dans ce site. Un suivi mensuel accompagné d'une courte visite périodique est alors nécessaire pour pouvoir améliorer les connaissances sur les groupes et mieux orienter les stratégies de conservation de l'espèce et des autres lémuriens présents sur le site. Et en parallèle, une officialisation de la conservation de ce site au sein des autorités locales et hiérarchiques est préconisée pour un meilleur résultat: un COBA (Maintsoanala) de Sahanomana projeterait d'intégrer cette partie dans leur zone de transfert de gestion.

Remerciements

Nous adressons nos vifs remerciements à toutes les personnes et institutions publiques ou privées ayant contribué, de loin ou de près, à la réalisation de ce travail, en particulier le Ministère de l'Environnement et des Forêts, qui nous a délivré le permis de recherche dans le Corridor Ankeniheny-Zahamena, et le Groupe d'Étude et de Recherche sur les Primates de Madagascar (GERP), représenté par Jonah Ratsimbazafy. Nous tenons également à remercier vivement les représentants des hiérarchies administratives et traditionnelles locales, ainsi que les Présidents des Fokontany concernés par l'étude. Enfin, nos vives reconnaissances s'adressent à tous les patrouilleurs et guides locaux pour leurs collaboration et compréhension. L'étude a été financée par The Aspinall Foundation dans le cadre du Projet « Sauver *Prolemur simus* » avec, depuis fin 2013, les contributions du Mohamed bin Zayed Species Conservation Fund (projet 13256399).

Références

Chamberlan, C. 2012. Sauver *Prolemur simus* - 3000 cahiers scolaires "Godroka" distribués autour du CAZ. Lemur News 16: 26.
Chamberlan, C.; Ranaivosoa, L.; Ravaloharimanitra, M.; Randrianarimanana, H.L.; Randriaingo, H.N.T.; Roulet, D.; King, T. 2013. Distribution of school reconstruction materials follow-



Fig. 5: Exemple d'une vallée après l'exploitation illicite d'or dans le Corridor Ankeniheny-Zahamena. (Photo: Lucien Randrianarimanana)

ing Cyclone Giovanna to local communities working to conserve greater bamboo lemurs in and around the Ankeniheny-Zahamena Corridor, eastern Madagascar. Lemur News 17: 2-4.
Dolch, R.; Hilgartner, R.; Ndriamiary, J.N.; Randriamahazo, H. 2004. The grandmother of all bamboo lemurs: evidence for the occurrence of *Hapalemursimus* fragmented rainforest surrounding the Torotorofotsy marshes, central eastern Madagascar. Lemur News 9: 24-26.
Dolch, R.; Fiely, J.L.; Ndriamiary, J.N.; Rafalimandimby, J.; Randriamampionona, R.; Engberg, S.E.; Louis, E.E. Jr. 2008. Confirmation of the greater bamboo lemur, *P. simus*, north of the Torotorofotsy wetlands, eastern Madagascar. Lemur News 13: 14-17.
King, T.; Chamberlan, C. 2010. Conserving the critically endangered greater bamboo lemur *P. simus*. Oryx 44: 167.
King, T.; Randrianarimanana, H.L.L.; Rakotonirina, L.H.F.; Mihanekena, T.H.; Andrianandrasana, Z.A.; Ratolojanahary, M.; Randriaingo, H.N.T.; Ratolojanahary, T.; Rafalimandimby, J.; Bonaventure, A.; Rajaonson, A.; Ravaloharimanitra, M.; Rasolofoharivelo, M.T.; Dolch, R.; Ratsimbazafy, J.H. 2013a. Large-culmed bamboos in Madagascar: distribution and field identification of the primary food sources of the critically endangered greater bamboo lemur *P. simus*. Primate Conservation 27: 33-53.
King, T.; Ravaloharimanitra, M.; Randrianarimanana, H.L.L.; Rasolofoharivelo, M.T.; Chamberlan, C. 2013b. Community-based conservation of critically endangered lemurs at the Sakalava and Ranomainty sites within the Ankeniheny-Zahamena rainforest corridor, eastern Madagascar. Lemur News 17: 63-70.
Olson, E.R.; Marsh, R.A.; Bovard, B.N.; Randrianarimanana, H.L.L.; Ravaloharimanitra, M.; Ratsimbazafy, J.H.; King, T. 2012. Arboreal camera trapping for the critically endangered greater bamboo lemur *P. simus*. Oryx 46: 593-597.
Olson, E.R.; Marsh, R.A.; Bovard, B.N.; Randrianarimanana, H.L.L.; Ravaloharimanitra, M.; Ratsimbazafy, J.H.; King, T. 2013. Habitat preferences of the critically endangered greater bamboo lemur (*P. simus*) and densities of one of its primary food sources, Madagascar giant bamboo (*Cathariostachys madagascariensis*), in sites with different degrees of anthropogenic and natural disturbance. International Journal of Primatology 34: 486-499.
Rakotonirina, L.; Rajaonson, A.; Ratolojanahary, T.; Rafalimandimby, J.; Fanomezantsoa, P.; Ramahafaso, B.; Rasolofoharivelo, T.; Ravaloharimanitra, M.; Ratsimbazafy, J.; Dolch, R.; King, T. 2011. New distributional records and conservation implications for the critically endangered greater bamboo lemur *P. simus*. Folia Primatologica 82(2): 118-129.
Randrianarimanana, L.; Ravaloharimanitra, M.; Ratolojanahary, T.; Rafalimandimby, J.; Rasolofoharivelo, T.; Ratsimbazafy, J.; Dolch, R.; King, T. 2012. Statut et conservation de *Prolemur simus* dans les sites de Ranomainty et Sakalava du Corridor Ankeniheny-Zahamena. Lemur News 16: 2-7.
Rasolofoharivelo, T.; Randrianarimanana, L.; King, T.; Randrianasolo, H.; Dolch, R.; Ratolojanahary, T. 2013. Western portion of the Ankeniheny-Zahamena Corridor (CAZ). Pp. 74-75. In: C. Schwitzer; R.A. Mittermeier; N. Davies; S. Johnson; J. Ratsimbazafy; J. Razafindramanana; E.E. Louis Jr.; S. Rajaobelina (eds). Lemurs of Madagascar: a strategy for their con-

- servation 2013-2016. IUCN/SSC Primate Specialist Group, Bristol Conservation and Science Foundation, and Conservation International, Bristol, UK.
- Ravaloharimanitra, M.; Ratolojanahary, T.; Rafalimandimby, J.; Rajanison, A.; Rakotonirina, L.; Rasolofoharivelo, T.; Ndiariami, J.N.; Andriambololona, J.; Nasoavina, C.; Fanomezantsoa, P.; Rakotoarisoa, J.C.; Youssouf; Ratsimbazafy, J.; Dolch, R.; King, T. 2011. Gathering local knowledge in Madagascar results in a major increase in the known range and number of sites for critically endangered greater bamboo lemurs (*P. simus*). *International Journal of Primatology* 32(3): 776-792.
- Tan, C.L. 1999. Group composition, home range size, and diet of three sympatric bamboo lemur species (genus *Haplorhina*) in Ranomafana National Park, Madagascar. *International Journal of Primatology* 20(4): 547-566.
- IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. www.iucnredlist.org. Downloaded on 10 December 2013.
- Wright, P.C.; Johnson, S.E.; Irwin, M.T.; Jacobs, R.; Schlichting, P.; Lehman, S.; Louis, E.E. Jr.; Arrigo-Nelson, S.J.; Raharison, J.-L.; Rafalirison, R.R.; Razafindratsita, V.; Ratsimbazafy, J.; Ratsimolohy, F.J.; Dolch, R.; Tan, C. 2008. The crisis of the critically endangered greater bamboo lemur (*P. simus*). *Primate Conservation* 23: 5-17.
- Wright, P.C.; Larney, E.; Louis Jr., E.E.; Dolch, R.; Rafalirison, R.R. 2009. Greater bamboo lemur *Prolemur simus* (Gray, 1871). Pp. 7-8. In: R.A. Mittermeier et al. (compilers). *Primates in peril: the world's 25 most endangered primates 2008-2010*. *Primate Conservation* 24: 1-57.

Etude des parasites intestinaux chez *Propithecus verreauxi* (Grandidier, 1867) avant et après la période de mise-bas

Ravakiniaina V. Rambeloson^{1*}, Jeanne Rasamy Razanabolana¹, Peter M. Kappeler²

¹Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, BP 906, Antananarivo 101, Madagascar

²Behavioral Ecology & Sociobiology Unit, German Primate Center, Göttingen, Germany

*Corresponding author: ravakarvr@gmail.com

Mots clés: *Propithecus verreauxi*, gastrointestinaux parasites, nématodes, lactation

Résumé

Comme chez la majorité des lémuriens, la période d'allaitement et de soins des jeunes chez les sifakas (*Propithecus verreauxi*) coïncide avec la période écologique la plus défavorable de l'année; la disponibilité de la nourriture est plutôt restreinte alors que la mise-bas se trouve au milieu de cette saison. Ainsi, les femelles seraient plus stressées durant cette période parce que l'allaitement coûte très cher énergétiquement. Nous avons mené une étude sur les parasites intestinaux avant et après la période de mise-bas des femelles pour vérifier la prédiction que la charge parasitaire augmentera avec le stress énergétique. Cette étude a été effectuée sur une population de *P. verreauxi* dans la concession forestière de Kirindy CNFEREF Morondava, entre Juin et Septembre 2009. Au total, nous avons collecté 112 échantillons de fèces sur les femelles enceintes et les mâles adultes, dont 56 avant et 56 après la période de mise bas. La technique de sédimentation formol-acétate-d'éthyle modifiée a été utilisée pour l'analyse des matières fécales. Trois espèces de parasites gastro-intestinaux ont été inventoriées; ces parasites sont tous des nématodes appartenant à la famille des Trichostrongylidae (*Pararhabdonema* sp. et *Trichostrongylus* sp.) et des Strongyloidea (*Strongyloides* sp.). La majorité des individus testés étaient infestés par

un ou plusieurs parasites avec une prévalence de 92.3%. La charge parasitaire chez les femelles diffère avant et après la mise-bas. Donc, les coûts de la reproduction apparemment réduisent la défense immunitaire des femelles, tandis que chez les individus mâles, aucune différence significative n'a été observée pendant les deux périodes. Cependant, malgré une prévalence parasitaire élevée, l'intensité et la richesse spécifique parasitaires restent faibles, ce qui pourrait s'expliquer par les propriétés vermifuges connues de trois espèces de plantes consommées par ces animaux (*Tamarindus indica*, *Poivrea coccinea* et *Cedrelopsis greveii*).

Abstract

As in most other species of lemurs, the period of infant care in *Verreaux's* sifakas (*Propithecus verreauxi*) coincides with the ecologically unfavourable period of the year. Lactation, in particular, occurs during a period of low food availability so that females are presumably more stressed by the high energetic costs of infant care. We compared the prevalence of gastro-intestinal parasites in *P. verreauxi* at Kirindy forest CNFEREF Morondava before and after the birth season to test the prediction that parasite burden increases with this energetic stress. A total of 112 fecal samples were collected (56 before and 56 after the birth season) from known individuals to assess the parasite species richness of this lemur species. Fecal samples were processed using a modified version of formalin-ethyl-acetate sedimentation. *Propithecus verreauxi* were found to harbor three species of intestinal parasites. All parasites observed were nematodes, belonging either to the Trichostrongylidae (*Pararhabdonema* sp. and *Trichostrongylus* sp.) or Strongylidae (*Strongyloides* sp.). Of all individuals tested, 93% were infested with one or several nematode species. The energetic costs of reproduction apparently compromised female immune defense because their parasite intensity, but not that of males, increased significantly after giving birth. Some plants consumed by sifaka, including *Tamarindus indica*, *Poivrea coccinea* and *Cedrelopsis greveii*, have known anti-parasitic properties, suggesting that rates of parasitism might be lowered.

Introduction

Chez les mammifères, la gestation et la lactation consomment beaucoup d'énergie durant la période de reproduction (Thompson et Nicoll, 1986; Speakman, 2000). En particulier chez les rongeurs, la prise de nourriture peut doubler au cours de la période de gestation et tripler à l'approche de la lactation (Bronson, 1998). De plus, la diminution de la disponibilité des ressources alimentaires et l'augmentation des besoins énergétiques influencent les conditions de vie des femelles. Chez *Propithecus verreauxi*, la femelle donne naissance à un jeune en plein cœur de la saison sèche; ainsi la période d'allaitement et de soins des petits coïncide avec la période la plus défavorable de l'année (Sorg et al., 2008). La disponibilité de la nourriture dans la forêt est limitée pendant cette saison, par rapport à leurs besoins énergétiques élevés. Dans cette condition, les femelles physiologiquement stressées seraient plus susceptibles d'être infectées par les parasites. Sous l'effet du stress, après la mise bas, le parasitisme des femelles pourrait être plus élevé pendant cette période.

De plus, elles auraient tendance à s'alimenter excessivement pour assurer la survie de leurs bébés; le risque de s'infester à partir des aliments serait par conséquent plus important. Ainsi, une étude comparative du parasitisme intestinal de ce lémurien avant et après la naissance des jeunes mérite d'être étudiée. La même investigation chez les mâles a été conduite pour servir de référence aux résultats obtenus.

Les connaissances actuelles sur les parasites de lémuriens a été synthétisé par Irwin et Raharison (2009). Plusieurs chercheurs ont effectué des études sur les parasites intestinaux des lémuriens. Parmi eux, quelques auteurs se sont focalisés principalement sur les nématodes comme les travaux de Baer (1935), Chabaud et Choquet (1955), Chabaud et Brygoo (1956), Chabaud et Petter (1958, 1959), Chabaud et al. (1961a, 1961b, 1964, 1965) et Petter et al. (1972). Certains chercheurs ont aussi travaillé sur la phylogénie des nématodes des lémuriens (Hugot, 1998; Hugot et Baylac, 2007). Des études plus récentes ont été effectuées, d'une part, sur les parasites des lémuriens en captivité dans des parcs zoologiques (Randriamiadamanana (1998) et Rasambainarivo (2008)), et d'autre part, sur des lémuriens à l'état sauvage (Raharivololona (2006, 2009), Clough et al. (2009), Schwitzer et al. (2010) et Rakotonjanahary (2011)). Par ailleurs, deux études sur la parasitologie de *P. verreauxi* ont été effectuées dans la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly. Raveloarisoa (2000) a identifié deux espèces de parasites (*Ogmocotyle* sp. et *Enterobius* sp.) tandis que Muehlenbein et al. (2003) n'ont trouvé aucune espèce de parasites chez ce lémurien.

Le but de la présente étude est d'inventorier, quantifier les parasites intestinaux chez *Propithecus verreauxi* et étudier l'influence de l'état physiologique et comportemental lié à la reproduction sur le parasitisme intestinal.

Méthodes

Site d'étude et groupes de propitèque suivis

Cette étude a été effectuée dans la forêt de Kirindy CN-FEREF (Centre National de Formation, d'Étude et de Recherche en Environnement et Foresterie), située à 60 km au Nord de Morondava, entre les villages de Marofandilia et Beroboka, dans la Région du Menabe Central (44°39'E, 20°40'S), dans l'Ouest de Madagascar. Dans cette forêt, depuis 1993, le Deutsches Primatenzentrum Göttingen, Allemagne (DPZ) effectue des recherches à long terme sur l'ensemble de la faune de vertébrés dans quatre sites. La présente étude a été menée au niveau d'un de ces sites (CS7) où vivent les groupes de propitèques marqués depuis 1995 (Kappeler et Fichtel, 2012). Cette forêt est caractérisée par une saison relativement sèche entre avril et novembre et une saison plus humide s'étendant de décembre à mars.

Les travaux sur terrain se sont déroulés du 01 juin au 02 septembre 2009. Parmi les neuf groupes de *P. verreauxi* existant dans ce site, six groupes composés de quatre à huit individus chacun ont été suivis (groupes B, E, F, FI, G et J). Ce sont les plus habitués à la présence humaine, les plus faciles à suivre et dont les femelles étaient enceintes. Tous les individus mâles et femelles sont identifiés par un collier muni d'un pendentif et par une mini-radio portée le plus souvent par une femelle adulte (Kappeler et Fichtel, 2012).

Analyse des fèces et identification des parasites

Pour l'étude des parasites intestinaux, 112 échantillons de fèces fraîches ont été collectées sur les animaux focaux des groupes suivis avant et après la mise bas (56 avant et 56 après). Elles ont été conservées dans du formol à 10% et ont été analysées au laboratoire en utilisant la technique de sédimentation formol-acétate-d'éthyle modifiée décrite par Ash et Orihel (1991). Cette technique permet de mettre en évidence les œufs de vers, les larves et les kystes de protozoaires, à l'exception des formes végétatives qui ne peuvent être détectées qu'avec les selles fraîchement déféquées par les animaux.

Les références utilisées dans la détermination des espèces parasites sont les travaux de Smyth (1994), Leger et al. (1977), Irwin et Raharison (2008), Clough et al. (2009), Raharivololona (2006, 2009), OMS (1993) et Chabaud et Choquet (1955).

Suivi des groupes et observation des comportements

La technique de radio-tracking a été utilisée pour localiser la position des groupes et pour observer les comportements des animaux qui pourraient avoir une relation avec le parasitisme (comportement alimentaire, utilisation de l'habitat). La méthode d'observation continue et le «focal sampling» ont été adoptés (Altmann, 1974) pour avoir la durée des activités de chaque individu durant la période d'étude (avant et après la mise bas). Deux animaux focaux (un mâle et une femelle enceinte) par groupe ont été suivis, sauf pour le groupe J qui en possède trois (deux femelles enceintes et un mâle adulte). L'étude du comportement de ces animaux permettrait de voir s'il existe une éventuelle relation entre le comportement de chaque individu observé et le parasitisme intestinal (voir par exemple si les animaux qui mangent beaucoup sont les plus parasités).

Identification des plantes consommées

Les plantes consommées par les animaux focaux ont été marquées et identifiées par leurs noms vernaculaires avec l'aide des assistants locaux qui ont précisé en même temps leurs utilisations dans la pharmacopée. Les noms scientifiques de chaque espèce et des familles correspondantes ont été déterminés grâce aux travaux de Sorg et Rohner (1996) et d'Andriambelo (2005) sur les plantes de Morondava et plus spécialement sur celles de la forêt de Kirindy. Les travaux de Boiteau et Allorge-Boiteau (1993) sur les plantes médicinales de Madagascar et ceux de Pernet et Meyer (1957) ont été également utilisés.

Analyses des données

Mesure de l'infection parasitaire

Trois paramètres ont été utilisés pour mesurer l'infection parasitaire dans un échantillon: ce sont la prévalence, la richesse spécifique parasitaire et l'intensité parasitaire. La prévalence (ou taux de parasitisme) est le pourcentage du nombre d'individus parasités sur le nombre total d'individus testés. La richesse spécifique parasitaire est le nombre des différentes espèces de parasites observés chez tous les individus analysés. L'intensité parasitaire est le nombre d'individus d'une espèce de parasite dans chaque hôte infesté par gramme de fèces. L'intensité parasitaire moyenne est le nombre moyen de parasites par individu parasité (obtenue en calculant le rapport sous ensemble de parasite ayant contaminé un hôte/sous ensemble de l'hôte infesté par le parasite) (Margolis et al., 1982).

Le nombre de parasites dans chaque individu hôte est le nombre total de parasites recensés dans l'ensemble des échantillons collectés pour chaque individu.

Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été faites sur SPSS 17.0 et Microsoft Office Excel 2007. Le Test χ^2 a été utilisé pour comparer les prévalences parasitaires, l'intensité parasitaire moyenne pour chaque espèce de parasite et la durée des activités de *P. verreauxi* suivant le sexe durant les deux périodes. Le test de Wilcoxon a été appliqué pour déterminer la différence entre le nombre de parasites chez les mâles et le nombre de parasites chez les femelles avant et après la mise bas. Le test de Mann-Whitney a été effectué pour comparer le nombre de parasites chez les mâles et chez les

femelles avant la mise bas et enfin, le nombre de parasites chez les mâles et les femelles après la mise bas.

Résultats

Richesse spécifique parasitaire

Au total 112 échantillons obtenus à partir de 13 individus (7 femelles et 6 mâles) ont été analysés pour la recherche des parasites intestinaux. Trois espèces de parasites ont été inventoriées: des œufs de *Pararhabdonema* sp. et de *Trichostrongylus* sp. (*Trichostrongylidae*) et des larves de *Strongyloides* sp. (*Strongyloididae*) (Tab. I).

Tab. I: Liste des parasites observés chez *Propithecus verreauxi*.

Famille	Parasites observés	Mensuration
Trichostrongylidae	<i>Pararhabdonema</i> sp.	55-78µm/35-45µm
Trichostrongylidae	<i>Trichostrongylus</i> sp.	80-92µm /38-48µm
Strongyloididae	<i>Strongyloides</i> sp.	250-300µm /15µm

Prévalence parasitaire

Sur les 13 individus testés, 12 ont hébergé au moins une espèce d'helminthe, ce qui porte la prévalence globale des helminthes digestifs à 92.3 %. Pour les trois espèces de parasites recensées, les prévalences avant et après la mise-bas sont présentées dans le Tab. 2. Il n'y a pas de différence significative sur les prévalences parasitaires des trois espèces de parasites chez les mâles : *Pararhabdonema* sp. ($X^2 = 0.44$; $p = 0.93$; $ddl = 1$), *Trichostrongylus* sp. ($X^2 = 1.5$; $p = 0.68$; $ddl = 1$) et chez les femelles: *Pararhabdonema* sp. ($X^2 = 1.08$; $p = 0.78$; $ddl = 1$), *Trichostrongylus* sp. ($X^2 = 2.8$; $p = 0.42$; $ddl = 1$) et *Strongyloides* sp. ($X^2 = 1.4$; $p = 0.71$; $ddl = 1$) avant et après la mise bas.

Intensité parasitaire moyenne

L'intensité parasitaire moyenne pour chaque espèce de parasite avant et après la mise bas est représentée dans le Tab. 2. Il n'y a pas de différence significative entre les deux périodes chez les mâles ($X^2 = 0$; $p = 1$; $ddl = 1$) et les femelles ($X^2 = 0.18$, $p = 1$; $ddl = 2$).

Tab. 2: Prévalence parasitaire et intensité parasitaire moyenne (IPm) pour les deux périodes d'échantillonnages chez les mâles et les femelles (avant et après la mise-bas des femelles).

	Femelle		Mâle	
	Avant	Après	Avant	Après
Individus testés	7	7	6	6
Individus parasités	7	7	5	5
Prévalence parasitaire (%)	100.0	100.0	83.3	83.3
Prévalence de <i>Pararhabdonema</i> sp. (%)	100.0	85.7	66.7	83.3
Prévalence de <i>Trichostrongylus</i> sp. (%)	42.9	85.7	16.7	50.0
Prévalence de <i>Strongyloides</i> sp. (%)	16.7	16.7	0.0	0.0
IPm <i>Pararhabdonema</i> sp.	1.3	3.2	1.3	1.6
IPm <i>Trichostrongylus</i> sp.	0.5	1.0	0.5	0.6
IPm <i>Strongyloides</i> sp.	0.3	0.3	0.0	0.0

Comparaison du nombre des parasites suivant le sexe

Nombre des parasites chez les femelles avant et après la période de mise bas

En général, le nombre des parasites chez les femelles augmente après la période de mise bas dans les groupes B, F, J et G (avec une moyenne de 14.6 ± 10.8) sauf pour le groupe E (Fig. 1). Avant la période de mise-bas, le nombre de parasites est faible surtout dans les groupes B, E, F et

FI avec une moyenne de 6.7 ± 4.3 . Selon le test de Wilcoxon, il existe une différence significative sur le nombre de parasites infestant les femelles avant et après la mise-bas ($z = -2.028$; $p < 0.05$; $N = 7$).

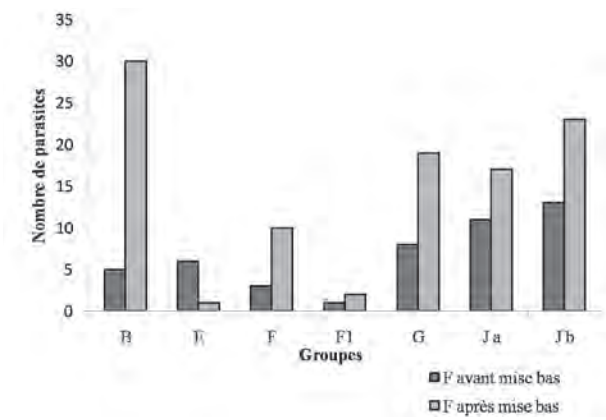


Fig. 1: Nombre de parasites collectés chez les femelles avant et après la période de mise bas chez les six groupes, F (femelle).

Nombre des parasites chez les mâles avant et après la période de mise bas

Chez les mâles, le nombre de parasites augmente dans les groupes B, G, F et J après la mise-bas (8 à 11 parasites), sauf pour le groupe FI, avec une moyenne de 6.3 ± 4.6 . Avant la mise-bas, le nombre de parasites varie de 3 à 8 dans les groupes B, FI, G et J avec en moyenne 3.6 ± 2.9 . Le groupe E n'a été parasité ni avant ni après la période de mise-bas (Fig. 2). Selon le test de Wilcoxon, le nombre de parasites chez les mâles est le même pour les deux périodes ($z = -1.49$; $p = 0.18$; $N = 6$).

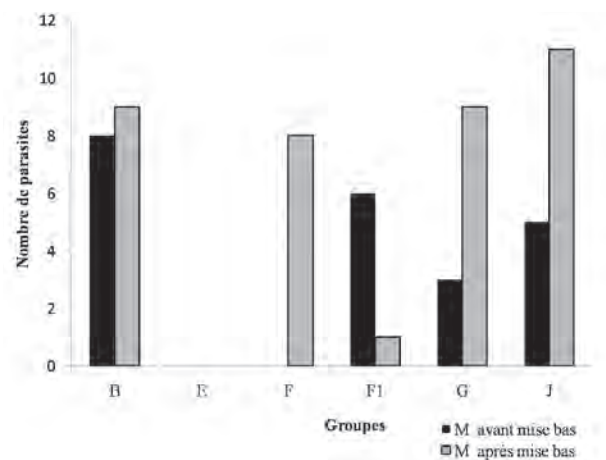


Fig. 2: Nombre de parasites collectés chez les mâles avant et après la période de mise bas chez les six groupes, M (mâle).

Comparaison du nombre des parasites suivant les groupes et le sexe

Nombre des parasites chez les mâles et les femelles avant la période de mise bas

En comparant les mâles avec les femelles avant la mise bas, les femelles sont davantage parasitées (8 à 13 parasites, avec une moyenne de 6.7 ± 3.3) par rapport aux individus mâles (3 à 8 parasites, avec une moyenne de 3.7 ± 3.0). Aucun parasite n'a été observé chez les mâles des groupes E et F (Fig. 3). Le test de Mann-Whitney montre qu'il n'existe pas de différence significative entre les deux sexes ($U = 23.5$, $p = 0.63$; $N = 13$).

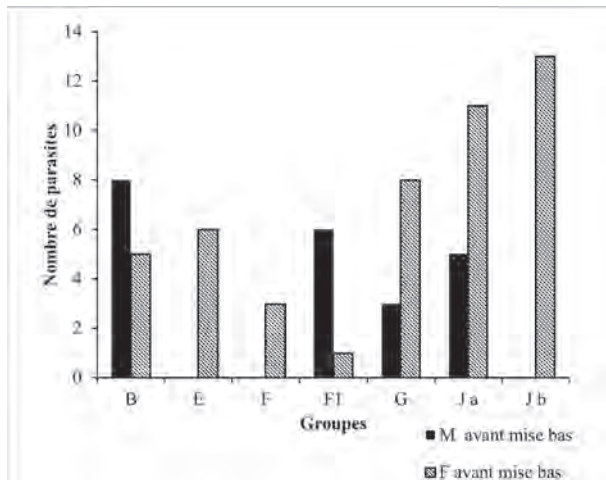


Fig. 3: Nombre de parasites collectés chez les mâles et chez les femelles avant la période de mise-bas chez les six groupes, F (femelle) et M (mâle).

Nombre des parasites chez les mâles et chez les femelles après la période de mise bas

Le nombre de parasites rencontrés chez les femelles varie entre 3 et 30 parasites après la période de mise bas avec une moyenne de 14.6 ± 10.8 . Pour les mâles, le nombre de parasites est presque identique sauf pour les groupes FI et E. Les parasites des femelles dans les groupes B, G et J sont en nombre plus élevé par rapport à ceux des mâles. Par contre, pour les groupes E, F et FI, ce nombre est plutôt faible (Fig. 4). Les valeurs observées chez les mâles et chez les femelles après la période de mise bas ne présentent aucune différence significative ($U = 26$; $p = 0.84$; $N = 13$).

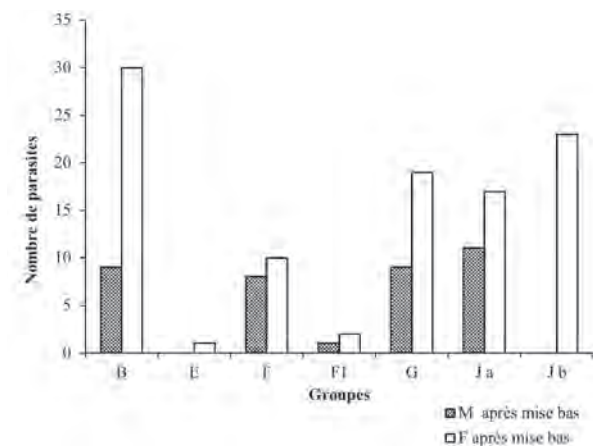


Fig. 4: Nombre de parasites collectés chez les mâles et chez les femelles après la période de mise bas chez les six groupes, F (femelle) et M (mâle).

Durée journalière de chaque type d'activités

En général, les femelles ont donné naissance pendant le mois de juillet 2009. Au total, 156 heures d'observations ont été entreprises sur les six groupes. La durée de chaque activité pendant une journée a été représentée en pourcentage. Ces pourcentages sont basés sur les durées moyennes des activités obtenues pour chaque animal focal. Les figures ci-dessous montrent que les activités de repos et l'alimentation représentaient 95% du total de la durée des activités journalières chez les propitèques durant la période de mise bas. Chez les femelles, les données respectives sont 47.5 et 45% pour le repos, et 48 et 50% pour l'alimentation. Aucune différence significative n'a été constatée entre les femelles durant les deux périodes ($X^2 = 0.34$; $p = 0.99$; ddl

= 3) (Fig. 5). En comparant les mâles et les femelles, les activités les plus dominantes sont les activités de repos et d'alimentation, mais il n'existait pas de différence significative entre les sexes (avant la mise bas $X^2 = 0.98$; $p = 1$; ddl = 3 et après la mise bas $X^2 = 0.26$; $p = 1$; ddl = 3). Cela signifie que les propitèques passent la majorité de leur temps à se reposer et se nourrir.

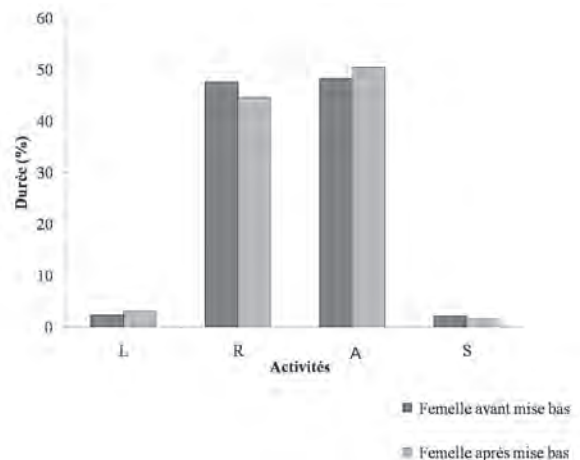


Fig. 5: Durée des activités chez les femelles avant et après la période de mise bas. Activités observées: L (locomotion), R (repos), A (alimentation), S (social).

Plantes consommées

Environ 48 espèces de plantes appartenant à 28 familles différentes ont été consommées par *P. verreauxi* durant les périodes d'étude, dont les plus représentées sont les familles des Fabaceae (4 espèces), Combretaceae (3 espèces), Ebenaceae (5 espèces), Euphorbiaceae (5 espèces). Les espèces les plus consommées sont: *Baudouinia fluggeiformis*, *Tamarindus indica*, *Dyospyros greveana*, *Dyospyros perrieri*, *Anacolsa pervilleana*, *Vanilla decaryana*, *Colubrina decipiens*, *Rothmania trophophylla* et *Stadmannia oppositifolia*. La majorité des parties consommées sont constituées essentiellement par des feuilles, mais les sifaka mangent également les fruits, fleurs, bourgeons et écorces de ces plantes.

Discussion

Espèces de parasites inventoriées

Au total, trois espèces de parasites de nématodes ont été inventoriées lors de l'analyse coproscopique: *Pararhabdonema* sp. et *Trichostrongylus* sp. (œufs) et *Strongyloides* sp. (larves).

Pararhabdonema sp.

L'espèce correspond tout à fait à *Pararhabdonema longistriata* décrite par Kreis en 1945 et Irwin et Raharison en 2009. Les œufs sont ovoïdes, embryonnés à coque lisse et mince, mesurant entre 51.5 et 77.5 μm sur 34.5 - 43 μm . En plus, concernant ce genre, c'est la seule espèce décrite chez les lémuriniens. Selon Chabaud et al. (1965), elle est très répandue dans les différentes régions de Madagascar, et chez plusieurs espèces de lémuriniens (Tab. 3). On peut dire que *P. longistriata* est une espèce à spécificité assez large.

Trichostrongylus sp.

Selon les descriptions morphologiques et les mensurations faites, il s'agit de *Trichostrongylus* sp.. Morphologiquement, les œufs observés sont proches de ceux des Ankylostomes, mais ils possèdent une coque lisse et mince et sont plus allongés. De plus dès l'émission, ils contiennent une morula comptant déjà plusieurs blastomères (Golvan, 1978).

Tab.3: Espèces de lémuriens parasitées par *Pararhabdonema longistriata* avec leurs localités

Espèces parasitées	Localités	Références
<i>Lepilemur ruficaudatus</i>	Ampijoroa et Tuléar	Chabaud et Choquet, 1955
<i>Lepilemur microdon</i>	Ambatolampy	Chabaud et Petter, 1958
<i>Varecia variegata</i>	Marovato	Chabaud et al., 1965
<i>Eulemur fulvus</i>	Ankarafantsika	Chabaud et al., 1965
<i>Eulemur albifrons</i>	Baie d'Antogyl	Chabaud et al., 1965
<i>Indri indri</i>	Périnet	Chabaud et al., 1961a
<i>Propithecus coquereli</i>	Ampijoroa	Chabaud et al., 1965
<i>Avahi laniger</i>	Ampijoroa	Kreis, 1945
<i>Eulemur rufifrons</i>	Kirindy	Clough et al., 2009

• *Strongyloides* sp.

Une larve de Strongylidés a été également observée durant l'analyse coprologique. Aucun œuf de ce parasite n'a été rencontré. En se basant sur les travaux de Leger et al. (1977) sur les anguillules intestinales, les larves de ce Nématode appartiennent à deux types correspondant à des stades successifs du développement embryonnaire: larve rhabditoïde et larve strongyloïde. En effet, le stade rhabditoïde a été observé dans les échantillons de fèces. Par rapport aux larves d'Ankylostomidés, l'ébauche génitale, située vers la moitié du corps, est à peine visible (Leger et al., 1977). Ces larves rhabditiformes ont des dimensions proches de celles observées chez l'homme, décrites par Léger en 1977. L'espèce n'est pas encore identifiée étant donné que la description est basée uniquement sur la morphologie externe. Dans le cadre de la présente étude, le nombre d'individus parasités par *Strongyloides* est assez faible. Cette larve a été rencontrée chez *Microcebus murinus* à Mandena (Raharivololona, 2006). L'analyse coprologique ne met pas en évidence l'œuf de ce parasite à cause de son développement rapide dans les fèces selon son cycle évolutif (Golvan, 1978).

Prévalence parasitaire

P. verreauxi de la forêt de Kirindy possède une prévalence parasitaire globale de 92.3%. le climat chaud de cette région est favorable au développement des parasites (Raharivololona, 2010). Ces animaux présentent une forte infestation par *Pararhabdonema* et *Trichostrongylus* sp., parasites à cycle de développement direct, au contraire de *Strongyloides* sp. qui présente un cycle en trois phases (Smyth, 1994). La présence de ces parasites durant les deux périodes suggère la possibilité d'une réinfestation rapide de ces animaux. Statistiquement, il n'y pas de différence significative des prévalences parasitaires durant les deux périodes pour les trois espèces (*Pararhabdonema* sp., *Trichostrongylus* sp. et *Strongyloides* sp.). Donc le nombre d'individu parasité st le même avant et après la période de mise bas des femelles.

Richesse spécifique parasitaire faible chez *P. verreauxi*

Trois espèces de parasites ont été recensées chez *P. verreauxi* durant cette étude. En 2000, Raveloarisoa a détecté deux espèces (*Ogmocotyle* sp. et *Enterobius* sp.) chez ce lémurien dans la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly. Par contre, Muehlenbein et al. (2003) n'ont trouvé aucune espèce parasite des propitèques dans cette même Réserve. En outre, Ramanamisata (2010) a trouvé une seule espèce de parasite chez *P. coronatus* d'Antrema (Ramanamisata et al., 2011). Cela signifie que ces animaux hébergent peu d'espèces de parasites intestinaux. Ceci est peut être lié au comportement plutôt arboricole de ces propitèques,

limitant la transmission orale des parasites à partir des fèces déposées au sol (Muehlenbein et al., 2003). Clough et al. (2009) ont dénombré dix espèces chez *Eulemur rufifrons* dans la forêt de Kirindy Morondava, et Raharivololona (2009) en a trouvé neuf chez *Microcebus murinus* de Mandena. Par rapport aux propitèques, ces deux lémuriens (*Eulemur* et *Microcebus*) descendent plus souvent au sol. Ils sont donc plus exposés à divers parasites venant d'autres espèces de la forêt, et éventuellement de l'homme. Toutefois, cette différence entre la richesse spécifique parasitaire de ces animaux pourrait être due à plusieurs facteurs comme la température, le régime alimentaire de chaque groupe d'animaux, la période d'échantillonnage et le nombre des fèces collectées.

Nombre de parasites suivant le sexe et les groupes d'hôtes avant et après la mise-bas des femelles

Le nombre de parasites chez les femelles dans les six groupes est plus élevé après la mise-bas. D'une part, cette augmentation pourrait être le résultat du fait que la période de maturation des parasites adultes coïnciderait avec la période de reproduction chez les propitèques impliquant par la suite l'augmentation des œufs après la mise bas. Mais des recherches plus approfondies sur le cycle de développement des parasites observés chez *Propithecus* sont nécessaires pour le confirmer. D'autre part, certains chercheurs avancent que les besoins énergétiques et en protéines peuvent augmenter de deux à dix fois pendant la grossesse et la lactation (Blaxter, 1989; Jessops, 1997). Ainsi, le coût de la reproduction ferait baisser l'immunité de femelles vis-à-vis des infections parasitaires durant cette période (Coop et Holmes, 1996; Coop et Kryiazakis, 1999; Houdijk et al., 2001).

Concernant le comportement de *P. verreauxi*, la durée de chaque activité est presque la même pour les deux sexes. Etant donné qu'ils se déplacent en groupe et qu'ils mangent la plupart du temps sur le même arbre, leur nourriture ne diffère pas beaucoup.

Relation entre richesse spécifique parasitaire et plantes consommées

Les feuilles constituent la majorité des parties consommées par les propitèques. D'après Nunn et al. (2003), les primates folivores se nourrissent beaucoup plus que les frugivores et pourraient donc ingérer plus de parasites dans le cas où les feuilles sont contaminées.

D'après Nègre et al. (2006), l'homme utilise diverses plantes possédant des propriétés antiparasitaires et qui sont consommées par *Eulemur fulvus* aux Comores comme *Ixora cremixora*, *Mimusops comorensis* et *Annona squamosa*. Selon les travaux de Boiteau et Allorge-Boiteau (1993) sur les plantes médicinales de Madagascar, *Cedrelopsis grevei*, *Poivreia coccinea* et *Tamarindus indica* sont vermifuges. Cette dernière espèce, très consommée durant les observations aussi bien par les propitèques mâles que par les femelles, est riche en tanins ayant des propriétés antihelminthiques (Carrai et al., 2003) ce qui réduirait ou supprimerait les parasites. Par ailleurs, le genre *Diospyros* est connu comme ténifuge, ce qui expliquerait l'absence des vers plats chez cette espèce dans le cadre de notre étude. En effet, malgré le taux de parasitisme élevé, l'intensité parasitaire et la richesse spécifique parasitaire restent faibles. Comme les primates sont les animaux les plus proches de l'homme du point de vue évolution, ces plantes pourraient aussi avoir les mêmes effets sur les lémuriens.

Dans le cadre d'une étude ultérieure, il faudrait faire des herbiers à partir des échantillons des plantes consommées pour une détermination plus fiable.

Comparaison de la richesse spécifique parasitaire de P. verreauxi et E. rufifrons dans la forêt de Kirindy

Ces deux espèces de lémuriens sont sympatriques dans la forêt de Kirindy. Dans la présente étude, seules trois espèces de parasites ont été recensées chez *P. verreauxi*, tandis que *E. rufifrons* en a hébergé de cinq à dix suivant les saisons (Clough et al., 2009; Rakotonjanahary, 2011). En comparant ces résultats en termes de richesse spécifique, *Eulemur* présente une richesse assez élevée par rapport à celle de *Propithecus*. Comme il a été relevé dans les paragraphes précédents, la richesse spécifique parasitaire des lémuriens dépend du comportement de chaque espèce.

Par ailleurs, un nématode a été rencontré chez les deux lémuriens, il s'agit de *Pararhabdonema*. Les recherches antérieures sur ce parasite montrent une répartition assez large à Madagascar. Cela se traduit par le fait qu'il existerait une transmission interspécifique de ce parasite chez les animaux sympatriques (Raharivololona, 2009). En plus, un chevauchement des territoires de ces deux lémuriens serait possible dans la forêt (observation personnelle).

Conclusions

Trois espèces de parasites intestinaux ont été inventoriées chez *P. verreauxi* avant et après la période de mise-bas des femelles. Elles appartiennent à la famille des Trichostrongylidae et des Strongyloidea. Toutes les femelles testées sont infestées par au moins une espèce de parasites avant et après la mise-bas. Chez les six groupes suivis, *Pararhabdonema* spp., *Trichostrongylus* spp. et *Strongyloidea* spp. sont présentes chez les individus mâles et femelles. Chez les femelles, une différence significative du nombre de parasites a été observée durant les deux périodes. En effet, le nombre de parasites chez les femelles a augmenté après la mise-bas. La disponibilité alimentaire assez restreinte pendant la saison sèche entraînerait une diminution de l'immunité des femelles étant donné que leurs besoins énergétiques augmentent durant cette période. Par ailleurs, ceci pourrait être lié à la période de maturation des parasites adultes impliquant une élimination importante des œufs et des larves. Cependant, aucune différence significative des nombres de parasites n'est observée chez les individus mâles.

Concernant le comportement des propitèques, la durée de chaque activité est presque identique pour les deux sexes avant et après la mise-bas. Ils passent la majorité de leur temps à se nourrir et se reposer.

Quelques plantes consommées par ces animaux sont vermifuges (*Cedrelopsis grevei*, *Tamarindus indica* et *Poivre coccinea*) et ténifuge (*Diospyros*), ce qui pourrait expliquer la richesse spécifique parasitaire assez faible chez ces animaux par rapport aux autres lémuriens. Par ailleurs, la vie en groupe suggère une infestation globale de chaque individu due à la prise de nourriture en groupe et au comportement social de ces animaux.

Cette étude est une première étape pour la connaissance des parasites chez ces propitèques. Il serait intéressant d'effectuer des descentes sur terrain pendant la saison de pluie pour une comparaison assez pertinente et pour étoffer la base de données sur le parasitisme de ces animaux. Sur le plan conservation en général, il faudrait interdire toute défécation dans la forêt, non seulement pour respecter l'hygiène mais aussi pour éviter la contamination des lémuriens.

Remerciements

Nous remercions le Ministère de Forêts et Environnement de Madagascar, le Département de Biologie Animale et le Centre National de Formation, d'Études et de Recherche

en Environnement et Foresterie de Morondava d'avoir autorisé notre recherche dans la forêt de Kirindy. Nous remercions aussi Rodin Rasoloarison, Léon Razafimanantsoa, toute l'équipe du Deutsches Primatenzentrum (DPZ) dans la forêt de Kirindy pour leur soutien et leur aide durant les travaux sur terrain; ces remerciements vont aussi à l'endroit de toutes les personnes qui ont contribué durant la réalisation de cette recherche. Nos vifs remerciements s'adressent au Deutsches Primatenzentrum (DPZ) d'avoir soutenu financièrement cette recherche.

Références

- Altmann, J. 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour* 49: 227-267.
- Andriambelo, L.H. 2005. Bilan des recherches actions en aménagement forestier au niveau du C. F. P. F. Morondava. *Akon'nyala* 29: 59-94.
- Ash, L.R.; Orihel, T.C. 1991. Parasites: a guide to laboratory procedures and identification. American Society of Clinical Pathologists, Chicago, Illinois.
- Baer, J.G. 1935. Etude de quelques helminthes de Lémuriens. *Revue Suisse de Zoologie* 42: 275-291.
- Blaxter, K.L. 1989. Energy metabolism in animals and man. Cambridge University Press, Cambridge.
- Boiteau, P.; Allorge-Boiteau, L. 1993. Plantes médicinales de Madagascar. Cinquante-huit plantes médicinales utilisées sur le marché de Tananarivo. ACCT, ICSN-C. N. R. S. et KARTHALA.
- Bronson, F.H. 1988. Mammalian reproductive strategies-genes, photoperiod and latitude. *Reproduction Nutrition Development* 28: 335-347.
- Carrai, V.; Borgognini-Tarli, S.M.; Huffman, M.A.; Bardi, M. 2003. Increase in tannin consumption by sifaka (*Propithecus verreauxi verreauxi*) females during the birth season: a case for self-medication in prosimians? *Primates* 44: 61-66.
- Chabaud, A.G.; Brygoo, E.R. 1956. Description de *Rictularialemurin* sp. (Nematoda: Thelaziidae). *Mémoires de l'Institut Scientifique de Madagascar, Série A* 11: 43-49.
- Chabaud, A.G.; Choquet, M.T. 1955. Deux nématodes parasites de lémurien. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée* 30: 329-338.
- Chabaud, A.G.; Petter, A.J. 1958. Les Nématodes parasites de lémuriens malgaches I. *Mémoires de l'Institut Scientifique de Madagascar, Série A* 12: 139-158.
- Chabaud, A.G.; Petter, A.J. 1959. Les nématodes parasites de lémuriens malgaches II. Un nouvel oxyure: *Lemuricola contagiosus*. *Mémoires de l'Institut Scientifique de Madagascar, Série A* 13: 127-132.
- Chabaud, A.G.; Brygoo, E.R.; Petter, A.J. 1961a. Les nématodes parasites de lémuriens malgaches IV. Description de deux nouveaux genres et observations sur *Protofilaria furcata* Chandler. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle* 33: 532-544.
- Chabaud, A.G.; Brygoo, E.R.; Petter, A.J. 1964. Les Nématodes parasites de Lémuriens malgaches V. Nématodes de *Daubentonia madagascariensis*. *Vie et Milieu* 17: 205-212.
- Chabaud, A.G.; Brygoo, E.R.; Petter, A.J. 1965. Les Nématodes parasites de Lémuriens malgaches VI. Description de six espèces nouvelles et conclusions générales. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée* 40: 181-214.
- Chabaud, A.G.; Petter, A.J.; Golvan, Y. 1961b. Les Nématodes parasites de Lémuriens Malgaches III. Collections récoltées par M. et Mme Francis Petter. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée* 36: 113-126.
- Clough, D.; Heistermann, M.; Kappeler, P.M. 2009. Individual facial coloration in red-fronted lemur males: a condition-dependent ornament? *International Journal of Primatology* 30: 859-875.
- Coop, R.L.; Kryazakis, I. 1999. Nutrition-parasite interaction. *Veterinary Parasitology* 84: 187-204.
- Coop, R.L.; Holmes, P.H. 1996. Nutrition and parasite interaction. *International Journal for Parasitology* 26: 951-962.
- Golvan, I.J. 1978. *Éléments de parasitologie médicale*. Troisième édition. Flammarion. Paris.
- Houdijk, J.G.M.; Jessop, N.S.; Kyriazakis, I. 2001. Nutrient partitioning between reproductive and immune functions in animals. *Proceedings of Nutrition Society* 60: 515-525.
- Hugot, J.P.; Baylac, M. 2007. Shape patterns of genital papillae in pinworms (Enterobiinae, Oxyurida, Nematoda) parasite of primates: A landmark analysis. *Infection, Genetics and Evolution* 7: 168-179.
- Hugot, J.P. 1998. Phylogeny of neotropical monkeys: the inter-

- play of morphological, molecular, and parasitological data. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 9: 408-413.
- Irwin, M.T.; Raharison, J.L. 2008. A review of the endoparasites of lemurs of Madagascar. *Malagasy Nature* 2: 66-93.
- Jessops, N.S. 1997. Protein metabolism during lactation. *Proceedings of Nutrition Society* 56: 169-175.
- Kappeler, P.M.; Fichtel, C. 2012. A 15-year perspective on the social organization and life history of sifaka in Kirindy forest. In *Long-Term Field Studies of Primates*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Kreis, H.A. 1945. Beiträge zur Kenntnis parasitischer nematoden. Xii. Parasitischenematoden aus den Tropen. *Revue Suisse de Zoologie* 52: 551-596.
- Leger, N.; Notteghem, M.J.; Pesson, B. 1977. Guide de parasitologie pratique. Deuxième édition. Société d'Édition d'Enseignement Supérieur, Paris.
- Margolis, L.; Esch, G.W.; Holmes, J.C.; Kuris, A.M.; Schad, G.A. 1982. The use of ecological terms in parasitology (report of an AD Hoc committee of the American Society of Parasitologists). *Journal of Parasitology* 68(1): 131-133.
- Muehlenbein, M.P., Schwartz, M.; Richard, A. 2003. Parasitological analyses of the sifaka (*Propithecus verreauxi verreauxi*) at Beza Mahafaly, Madagascar. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 34(3): 274-277.
- Nègre, A.; Tarnaud, L.; Roblot, J.F.; Gantier, J. C.; Guillot, J. 2006. Plants consumed by *Eulemur fulvus* in Comoros Islands (Mayotte) and potential effects on intestinal parasites. *International Journal of Primatology* 27(6): 1495-1517.
- Nunn, C.L.; Altizer, S.; Jones, K.E.; Sechrest, W. 2003. Comparative tests of parasite species richness in primates. *The American Naturalist* 162(5): 597-614.
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS). 1993. Parasitologie médicale: technique de base pour le laboratoire.
- Pernet, R.; Meyer, G. 1957. Pharmacopée de Madagascar. Institut de Recherche Scientifique Tananarive-Tsimbazaza.
- Petter, A.J.; Chabaud, A.G.; Delavenay, R.; Brygoo, E.R. 1972. Une nouvelle espèce de Nématode du genre *Lemuricola*, parasite de *Daubentonia madagascariensis* Gmelin, et considérations sur le genre *Lemuricola*. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée* 47: 391-398.
- Raharivololona, B.M.; Ganzhorn, J.U. 2010. Seasonal variations in gastrointestinal parasites excreted by the gray mouse lemur *Microcebus murinus* in Madagascar. *Endangered Species Research* 11: 113-122.
- Raharivololona, B.M. 2006. Gastrointestinal parasites of *Cheirogaleus* spp. and *Microcebus murinus* in the littoral forest of Mandena, Madagascar. *Lemur News* 11: 31-35.
- Raharivololona, B. M. 2009. Parasites gastro-intestinaux de *Microcebus murinus* de la forêt littorale de Mandena, Madagascar. *Madagascar Conservation and Development* 4: 52-62.
- Rakotonjahary, V. 2011. Étude des parasites gastro-intestinaux chez *Eulemur rufifrons* (Bennett, 1833) à la fin de la saison humide, dans la forêt sèche de Kirindy (CNFEREF/DPZ) Morondava. Mémoire de DEA. Département de Biologie Animale. Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, Madagascar.
- Ramanamiasa, R.; Rambeloson, R.; Pichon, C.; Razafindrala, H.; Razanabolana, R.J.; Simmen, B.; Février. 2011. Comportement, Régime alimentaire et étude des parasites gastro-intestinaux des Propithecus couronnés (*Propithecus coronatus*) dans la station forestière à usage multiple d'Antrema. Atelier technique sur *Propithecus coronatus*: plan de conservation et évaluation du statut de conservation. Antananarivo, Madagascar.
- Randriamiadamanana, M. 1998. Contribution au Diagnostic Coprologique du Parasite *Spirocerca lupi* chez les Lémuriens du Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza. Mémoire d'ingénieur, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo, Madagascar.
- Rasambainarivo, F. 2008. Contribution à l'Étude des Parasites des Lémuriens en Captivité: Comparaison entre deux Parcs Zoologiques. Thèse de doctorat, Faculté de Médecine Vétérinaire, Université d'Antananarivo, Madagascar.
- Raveloarisoa, A. 2000. Contribution à l'étude de la préférence alimentaire de *Propithecus verreauxi verreauxi* (Grandidier, A. 1867) de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly (Parcelle I). Mémoire de DEA. Département de Biologie Animale. Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, Madagascar.
- Schwitzer, N.; Clough, D.; Horst, Z.; Werner, K.; Kappeler, P.M.; Schwitzer, C. 2010. Parasite prevalence in blue-eyed black lemurs *Eulemur flavifrons* in differently degraded forest fragments. *Endangered Species Research* 12: 215-225.
- Smyth, J.D. 1994. Introduction to animal parasitology, third edition. Cambridge University Press.
- Sorg, J.P.; Rohner, U. 1996. Climate and tree phenology of the dry deciduous forest of the Kirindy forest. *Primate Report* 46(1): 57-80.
- Speakman, J.R. 2000. The cost of living: field metabolic rates of small mammals. *Advances in Ecological Research* 30: 177-297.
- Thompson, S.D.; Nicoll, M.E. 1986. Basal metabolic-rate and energetics of reproduction in therian mammals. *Nature* 321: 690-693.

Etude et conservation du grand hapalémur (*Prolemur simus*) aux alentours de la forêt d'Andriantantely

Hery N. T. Randriahaingo^{1*}, Maholy Ravaloharimanitra^{1*}, H. L. Lucien Randrianarimanana¹, Christelle Chamberlan¹, Jonah Ratsimbazafy², Tony King¹

¹The Aspinall Foundation, BP 7170 Andravohangy, Antananarivo 101, Madagascar

²Groupe d'Étude et de Recherche sur les Primates de Madagascar (GERP), Lot 34 Cité des Professeurs Fort Duchesne, Ankatso, Antananarivo 101, Madagascar

*Corresponding authors: haingoo@gmail.com, rrmahooly@gmail.com

Mots-clés: *Prolemur simus*, conservation, Corridor Ankeniheny-Zahamena, régime alimentaire, *Valiha diffusa*

Résumé

En 2010, la découverte du grand hapalémur (*Prolemur simus*) dans des zones de bambou situées aux alentours de la forêt classée d'Andriantantely (bloc forestier humide de basse altitude), a catalysé la création en 2010 d'un programme de recherche et d'appui à la conservation communautaire s'inscrivant dans le cadre du projet «Sauver *Prolemur simus*» mené par The Aspinall Foundation. Notre étude réalisée depuis octobre 2011 sur trois sites a tout d'abord permis l'identification de neuf groupes de *P. simus*. Avec plus de 100 individus recensés, la population de *P. simus* aux alentours d'Andriantantely est devenue une des plus grandes connues. Sa croissance récente de 48 individus en octobre 2011 à 103 au début de l'année 2014, probablement liée à une augmentation des taux de reproduction et de survie, suggère le succès des actions de conservation mises en place, notamment une forte diminution de la pression de la chasse aux lémuriens dans la région et la réduction des coupes de bambous. Toutefois, la persistance de la culture sur brûlis et de l'exploitation de bois précieux demeurent les problèmes majeurs pour la gestion de la forêt et de la population de *P. simus*. Par ailleurs notre étude montre que le régime alimentaire de *P. simus* est composé d'au moins 11 espèces de plantes à Andriantantely, dont trois constituent 96,3% de nos observations directes et indirectes confondues: *Valiha diffusa* (56,7%), *Aframomum* sp. (27,3%) et *Ravenala madagascariensis* (12,4%).

Abstract

In 2010, the discovery of the Critically Endangered greater bamboo lemur (*Prolemur simus*) in bamboo areas surrounding the classified forest of Andriantantely (lowland rainforest fragment) led to the creation of a research and community-based conservation programme within the "Saving *Prolemur simus*" project led by The Aspinall Foundation. Since October 2011, we have identified nine groups of *P. simus* at three sites surrounding Andriantantely. With more than 100 individuals, Andriantantely's greater bamboo lemur population is one of the largest currently known. Its recent increase (from 48 ind.

in October 2011, to 103 ind. in early 2014), probably due to high reproductive and survival rates, are an encouraging sign of the success of the undertaken conservation actions, which have led to two essential effects, with hunting pressure and bamboo habitat deforestation decreasing. However, the persistence of slash-and-burn agriculture and logging of precious hardwoods remain major problems for the conservation management of Andriantantely and the *P. simus* population. We observed *P. simus* feeding on 11 plant species, of which three regrouped 96.3% of our combined direct and indirect observations: *V. diffusa* (56.7%), *Aframomum* sp. (27.3%) and *Ravenala madagascariensis* (12.4%).

Introduction

La forêt d'Andriantantely est un fragment de forêt humide de basse altitude situé dans le District de Brickaville, à l'est de Madagascar (Fig. 1). Incluse dans la nouvelle aire protégée du Corridor Ankeniheny-Zahamena (CAZ) mais séparée du corridor par une zone déboisée, Andriantantely est un site prioritaire pour la conservation de la biodiversité en général, dont les lémuriens (Schmid et Alonso, 2005; King et al., 2013a).

Quatre espèces de lémuriens classées en danger critique (CR) d'extinction cohabitent dans la forêt d'Andriantantely (King et al., 2013a), dont le grand hapalémur (*Prolemur simus*) découvert récemment (Ravaloharimanitra et al., 2011). Cette découverte a catalysée la création en 2010 d'un programme de recherche et d'appui à la conservation communautaire de la forêt d'Andriantantely, dans le cadre du Projet «Sauver *Prolemur simus*» mené par The Aspinall Foundation (King et Chamberlan, 2010; Lantovololona et al., 2012; Ravaloharimanitra et al., en prép.).

P. simus habite les zones de bambous géants des forêts primaire et dégradée de l'Est de Madagascar (Petter et al., 1977; Meier et Rumpler, 1987; Wright et al., 1987, 2008; Dolch et al., 2008; Rakotonirina et al., 2011). Son régime alimentaire est composé d'une trentaine d'espèces végétales (King et al., 2013b), souvent dominé par une ou deux espèces de bambous possédant des chaumes de grande taille (Tan, 1999; Randrianarimanana et al., 2012; Mihaminekena et al., 2012; Andrianandrasana et al., 2013; King et al., 2013b). Dans le District de Brickaville, *P. simus*, ou «Godroka» selon son appellation locale, occupe plutôt les zones de bambous et les zones à *savoka* (formation végétale secondaire), au sein desquelles il se nourrit souvent de bambous de l'espèce *V. diffusa*, ainsi que de plusieurs autres espèces végétales (Ravaloharimanitra et al., 2011; Bonaventure et al., 2012; Lantovololona et al., 2012; Mihaminekena et al., 2012).

Les précédentes visites à Andriantantely, menées par Lantovololona et al. (2012) entre septembre 2010 et mai 2011, ont permis l'identification de 31 individus répartis en six groupes isolés. Notre étude a débuté en octobre 2011, avec les objectifs suivants: 1) recenser la population de *P. simus*, 2) réaliser le suivi des groupes identifiés, 3) étudier le régime alimentaire des groupes identifiés, et 4) évaluer les menaces rencontrées par la population de *P. simus* d'Andriantantely.

Méthodes

Sites d'étude

La forêt classée d'Andriantantely est un fragment de forêt humide de basse altitude d'une superficie d'environ 4170 ha, comprise entre 300 et 700 m, et situé à 35 km au nord-ouest de Brickaville (18,7638°S, 48,9468°E; Fig. 1). Les groupes de *P. simus* vivant sur son pourtour occupent des habitats secondaires dominés par le bambou *V. diffusa* et l'arbre du voyageur *Ravenala madagascariensis*, et des terrains

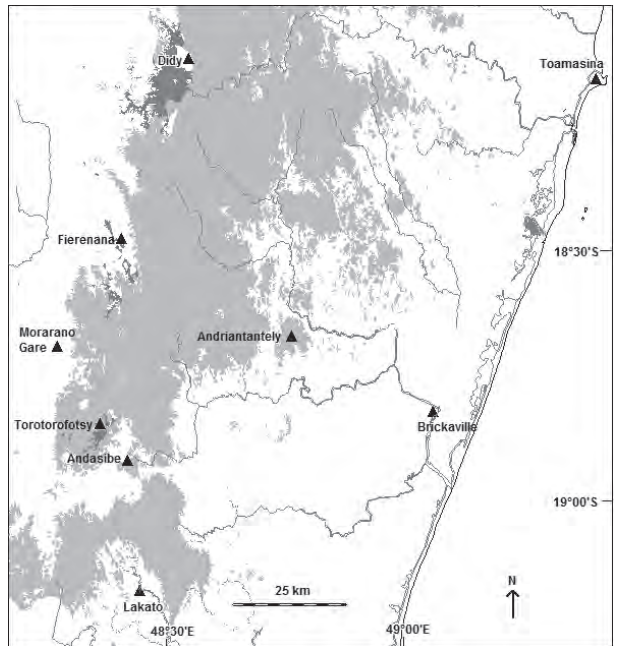


Fig. 1: Carte montrant la forêt d'Andriantantely et d'autres localités (triangles), la couverture forestière approximative (gris clair), et les rivières et zones humides (gris foncé).

cultivés (Ravaloharimanitra et al., 2011; Lantovololona et al., 2012). Les suivis ont été réalisés à Ambodimanga (*fokontany* d'Ambinanifanasana), commune rurale (CR de Fetraomby), Lanonana (CR Fanasana gare) et Ambodiantafana (CR Lohariandava), dans le District de Brickaville, Région Antsinanana. Aucune route ne dessert ces sites. L'accès à Brickaville se fait donc par la voie du chemin de fer pour Ambodiantafana et Lanonana, et en remontant le fleuve Rianala en bateau ou en suivant les pistes à pied vers Ambodimanga. Ces sites sont sujets à une forte pression de défrichement («Tavy»), associée à la culture sur brûlis.

Recherche des nouveaux groupes de *P. simus*

Pour faciliter la recherche de nouveaux groupes de *P. simus*, nous avons créé des pistes en utilisant les informations obtenues auprès de la population locale. Ensuite, chaque nouveau site a été visité pour vérifier la présence de l'espèce.

Suivi écologique de *P. simus*

Les suivis ont été réalisés d'octobre 2011 à mars 2014, par Hery Randriahaingo, les équipes de patrouilleurs des CO-BAs de chaque site, et les guides locaux. Certains groupes de *P. simus* n'étaient pas encore habitués à la présence humaine et fuyaient au moindre signe de présence humaine. Le suivi s'est donc basé sur les cris, les bruits générés par les sauts dans les arbres, les restes d'aliments frais abandonnés sur le sol, et plus rarement l'odeur d'urine et d'excréments. Pour en optimiser l'exactitude, le comptage des individus a été effectué lors des déplacements des groupes de *P. simus*, depuis un poste d'observation situé sur leur route habituelle. La composition des groupes prend en considération trois catégories: femelles adultes, mâles adultes et juvéniles. La détermination du sexe a été réalisée par observation directe, et à l'aide de jumelles, si l'animal se trouvait très haut et/ou loin. Nous avons enregistré les coordonnées géographiques à chaque localisation des groupes et lors de leurs déplacements. Nous avons également enregistré les menaces potentielles, et les autres espèces de lémurien. Notre étude du régime alimentaire de *P. simus* s'est basée principalement sur les observations de traces caractéris-

tiques de consommation de bambous ou autres végétaux (observations indirectes), et a été complétée par des observations directes.

Résultats

Distribution et nombre de groupes de P. simus
Lors de l'étude sur les trois sites situés autour d'Andriantantely, nous avons observé neuf groupes de *P. simus* (Tab. I; Fig. 2). Un groupe n'a été observé qu'à partir de la deuxième année de l'étude (Berivotra) tandis qu'un autre (Sahalamboavana) ne l'a été que durant les deux premières années, son habitat ayant été détruit en 2013. Au cours de notre étude, nous avons également observé le petit hapalémur *Hapalemur griseus* de façon régulière sur les trois sites. Ces deux espèces diurnes sont sympatriques dans le savoka à bambous présents en périphérie de la forêt d'Andriantantely.

Tab. I: Recensement de la population de *P. simus*.

Site	Localité/ Groupe	Coordonnées	Observations	2011	2012	2013	2014
Ambodimanga	Ambolomadinika	18.662°S 48.815°E	Directe	8	9	11	14
	Beantsotry	18.667°S 48.816°E	Directe	4	5	6	7
	Sahatoana	18.661°S 48.802°E	Directe	8	10	12	13
	Sahalamboavana	18.637°S 48.790°E	Directe	4	4	-	-
Lanonana	Betaolo	18.720°S 48.809°E	Directe	5	7	9	11
	Ambatonolondahy/Amberomanitra	18.712°S 48.817°E	Directe	7	7	8	12
	Andobokivolo	18.721°S 48.820°E	Directe	4	6	8	11
	Berivotra	18.715°S 48.812°E	Directe	-	8	11	14
	Andranompoza	18.732°S 48.805°E	Traces				
	Ambolomandopatra	18.724°S 48.826°E	Traces				
Ambodiantafana	Anjinjanaomby	18.733°S 48.791°E	Directe	8	13	18	21
Total	Nombre de groupes			8	9	8	8
	Total d'individus			48	69	83	103
	Taille moyenne des groupes			6.0	7.7	10.4	12.9
	Ecart-type des tailles moyennes			1.93	2.74	3.66	3.98

Description de l'habitat de chaque site
Sur le site d'Ambodimanga, nous avons identifié quatre groupes de *P. simus*: Ambolomadinika, Beantsotry, Sahatoana et Sahalamboavana (Tab. I). Les groupes d'Ambolomadinika et de Beantsotry sont assez proches l'un de l'autre, séparés par une plantation de bananiers et de caféiers (Fig. 3). La surface relative de l'habitat utilisé par le groupe d'Ambolomadinika est petite par rapport à la taille du groupe. En comparaison, l'habitat du groupe de Sahatoana, situé à 2 km au nord-est de celui du groupe d'Ambolomadinika, est très vaste et directement connecté à la forêt d'Andriantantely. Le bambou (*V. diffusa*), le ranomainty et le longoza (*Aframomum* sp.) sont parmi les plantes dominantes (Fig. 4). La densité de bambous est relativement élevée mais leur diamètre est petit. La limite nord-ouest de l'habitat utilisé par *P. simus* et des zones de bambous est constituée par la rivière Sahato-

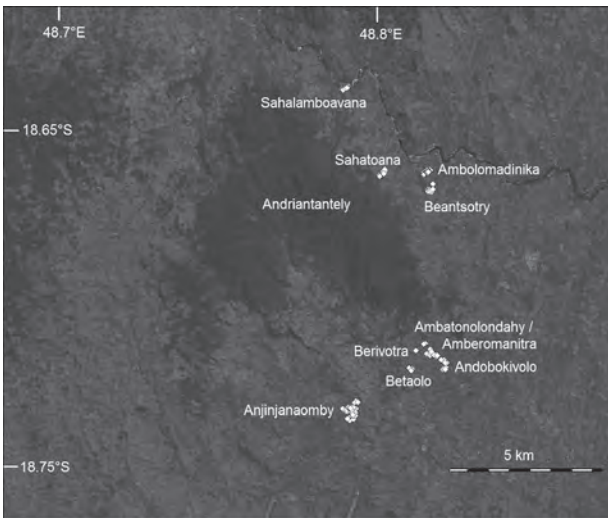


Fig. 2: Carte montrant les sites de *P. simus* aux alentours de la forêt d'Andriantantely, avec les observations directes faites d'octobre 2011 à décembre 2013 (diamants blancs). (Carte de fond ©GoogleEarth)

ana. Cet habitat est relativement intact par rapport à ceux des trois autres sites, car la population ne peut pas défricher les bambous pour la culture sur brûlis en raison de la présence de grands blocs de granite. L'habitat du groupe de Sahalamboavana, dont le secteur oriental était autrefois sacré, est traversé en son centre par la rivière Sahalamboavana et comprend deux secteurs différents: à l'ouest, un fragment forestier peu dense avec de grands arbres, où *P. simus* cohabite avec *Indri indri* et *Eulemur fulvus*; à l'est, un savoka assez large, constitué de bambou, longoza et takoaka, et entouré de papayers sauvages et jacquiers qui faisaient partie de l'alimentation du groupe lors de nos observations. Sur le site de Lanonana, nous avons observé quatre groupes de *P. simus*: Betaolo, Ambatonolondahy (dont Amberomanitra), Andobokivolo et Berivotra (Tab. I). En 2012 et 2013, nous avons également trouvé des traces de consommation de plantes dans les localités d'Andranompoza et Ambolomandopatra (Tab. I), mais ces deux habitats ont été détruits à la fin 2013. Les habitats respectifs d'Andobokivolo et de Betaola sont reliés par des savoka. Le bambou *V. diffusa* est très abondant au sein des quatre habitats. Sur le site d'Ambodiantafana, un seul groupe de *P. simus* a été repéré: Anjinjanaomby. Cet habitat est traversé par la rivière Anjinjanaomby. Selon la population locale, il s'agit d'une zone sacrée et la mise en valeur du terrain (culture, collecte de bois et de bambou) nécessite le sacrifice d'un zébu, comme l'indique le nom «Anjinjanaomby». La plupart des villageois n'ayant pas les moyens de s'offrir un tel sacrifice, cet habitat bénéficie d'une protection relative. D'une altitude comprise entre 118 et 305 m, cet habitat est quelque peu différent des autres sites: la végétation y est principalement composée de quatre espèces de plantes: le ravinala, le longoza, le takoaka et le bambou, d'abondance respective décroissante. Le bambou se raréfie au fur et à mesure qu'on se rapproche du centre de l'habitat. On trouve également le voapaka (*Uapaca* sp.), l'albiza (*Albizia chinensis*), l'ambora (*Tambourissa* sp.), le hazoambo (*Xylopia* sp.) et l'ampaly (*Artocarpus heterophilus*), en moindre abondance. Leur domaine vital comprend deux autres zones: au nord, Andriambolo, une zone cultivable qui présente une densité élevée de bambous, et à l'ouest, Ambodivoaravola, où nous avons relevé de nombreuses traces de consommation de plantes.



Fig. 3: L'habitat du groupe de *P. simus* d'Ambolomadinika, site d'Ambodimanga, avril 2012, avec panneau d'information. (Photo: Hery Randriahaingo)

Inventaires de la population de grand hapalémur d'Andriantantely
Le nombre d'individus *P. simus* recensés a augmenté régulièrement de 48 individus en octobre 2011 à 103 individus au début de l'année 2014 (Tab. 1). Nous avons également observé une croissance de la taille moyenne des groupes, de 6.0 individus en 2011 à 12.9 en 2014 (Tab. 1). En fin d'étude, la composition moyenne des groupes est de 9.6 adultes (62% du groupe), 2.4 juvéniles (18.5%) et 2.5 nouveaux-nés (19.4%), avec un sex-ratio équilibré (Tab. 2). Le plus grand nombre d'individus de *P. simus* est recensé à Lanonana, avec quatre groupes totalisant 48 individus (Tab. 1). Le plus grand groupe observé est celui d'Anjinjanaomby (site d'Ambodiantafana) avec 21 individus (Tab. 1 et 2). Lors de notre séjour en février 2012, nous avons vu une femelle du groupe portant des jumeaux de part et d'autre de son dos (Fig. 5). Trois nouveaux-nés y ont été recensés en décembre 2013 (Tab. 2). Les trois groupes d'Ambodimanga (Ambinanifanana) totalisent 34 individus, dont cinq nouveaux-nés depuis octobre 2013 (Tab. 1 et 2). Des efforts de recensement y ont été menés mais, en raison de la difficulté d'accès aux groupes, nous n'avons pu observer la totalité des individus. Les individus du groupe de Sahatoana fuyaient à notre approche. Ce comportement a influencé le recensement des nouveaux-nés, la distinction des femelles portant des enfants étant quasi impossible.

Tab. 2: Composition des groupes de *P. simus*, début 2014.

Groupes	Mâles	Femelles	Adultes (sexe non identifié)	Juvéniles	Enfants	Nombre total
Ambolomadinika	3	3	2	3	3	14
Beantsostry	3	2		1	1	7
Sahatoana	2	2	6	2	1	13
Betaola	3	3		3	2	11
Amboromanitra	3	4		1	4	12
Andobokivolo	2	2	2	2	3	11
Berivotra	2	3	3	3	3	14
Anjinjanaomby	8	6		4	3	21
Total	26	25	13	19	20	103
Moyenne	3.3	3.1	3.3	2.4	2.5	12.9
%	25.2%	24.3%	12.6%	18.5%	19.4%	100%

Régime alimentaire de *P. simus*

P. simus consomme au moins 11 espèces de plantes à Andriantantely, dont trois espèces réunissent 96.3% des observations (Tab. 3): le bambou *V. diffusa* (56.7%), *Aframomum* sp.



Fig. 4: *P. simus* dans un savoka de *Valiha diffusa* et *Aframomum* sp. à Sahatoana, site d'Ambodimanga, janvier 2012. (Photo: Hery Randriahaingo)

(27.3%) et *R. madagascariensis* (12.4%). L'espèce consomme également d'autres plantes mais à des taux relativement faibles, tel que le bambou *Bambusa vulgaris*, le fruit du jacquier *Artocarpus heterophilus*, la canne à sucre *Saccharum* sp., la banane *Musa* sp. (Tab. 3).

Tab. 3: Alimentation de *P. simus* d'Andriantantely.

Plantes consommées	Ambodimanga	Lanonana	Ambodiantafana	Total
<i>V. diffusa</i>	60.7	72.1	41.2	56.7
<i>Aframomum</i> sp.	31.7	24.5	24.1	27.3
<i>Ravenala madagascariensis</i>	0.0	1.9	33.7	12.4
<i>Bambusa vulgaris</i>	2.1	0.5	0.3	1.1
<i>Artocarpus heterophilus</i>	2.7	0.0	0.0	1.1
<i>Saccharum</i> sp.	1.5	0.0	0.7	0.8
<i>Musa</i> sp.	0.9	1.0	0.0	0.6
<i>Carica papaya</i>	0.3	0.0	0.0	0.1
<i>Albiza</i> sp.	0.3	0.0	0.0	0.1
<i>Ficus</i> sp.	0.3	0.0	0.0	0.1
<i>Poaceae</i> sp. «Kitrana»	0.0	0.0	0.3	0.1
Nombre d'observations	331	294	208	833
Nombre d'espèces	9	5	6	11

P. simus consomme en fonction des saisons les tiges, nouvelles pousses (ou turions), branches et pétioles de *V. diffusa*, les tiges d'*Aframomum*, les fleurs de *Ravenala madagascariensis*, et les fruits des jacquiers, bananiers et papayers. De décembre à février, en période de forte croissance des bambous grâce aux pluies abondantes, les nouvelles pousses sont très prisées (Fig. 6). D'après nos observations, les groupes apprécient particulièrement les milieux perturbés par le «tavay» dans lesquels de nouvelles pousses apparaissent prématurément. En juin, la diminution des pluies entraîne un arrêt de l'apparition des turions, les groupes consomment alors davantage de gaines. En août et septembre, période de sécheresse, *P. simus* préfère d'autres végétaux avec une teneur en eau élevée, telles *Aframomum*. La consommation de *Ravenala madagascariensis* est observée majoritairement en octobre, période coïncidant à la floraison de cette plante.

Discussion

Population de *P. simus* à Andriantantely

L'effort de recensement ayant été constant au cours de l'étude, il semble que l'augmentation du nombre d'individus recensés (de 48 ind. en 2011 à 103 ind. en 2014) soit principalement la conséquence de la reproduction, la survie



Fig. 5: Les jumeaux nouveaux-nés transportés par leur mère de part et d'autre de son dos, dans le groupe d'Anjinjanaomby, site d'Ambodiantafana, février 2012. (Photo: Hery Randriaingy)

infantile et de la diminution de la chasse ces dernières années. Néanmoins d'autres facteurs peuvent avoir eu un effet, notamment l'amélioration de la connaissance des groupes et la baisse de la pression de la chasse probable depuis le début que les mesures de conservation ont été mises en place et la présence répétée des équipes de recherche peut avoir facilité le comptage lors des dernières années.

Régime alimentaire de *P. simus*

Les études du régime alimentaire réalisées précédemment ont montrées que *P. simus* se nourrit principalement de bambous, avec un pourcentage supérieur à 90% (Tan, 1999; Mihaminekena et al., 2012; Randrianarimanana et al., 2012). Nos résultats confirment une forte proportion de bambou *V. diffusa* consommé. Toutefois *Aframomum* sp. et *R. madagascariensis* ainsi que certaines espèces introduites, sont aussi consommés. Les groupes du site d'Ambodimanga consomment neuf espèces de plantes, un nombre plus élevé par rapport aux deux autres sites. L'habitat y est en effet plus varié, avec deux secteurs relativement différents: le *savoka* à l'est et le fragment forestier à l'ouest, en bordure duquel poussent *Artocarpus heterophilus* et *Careca papaya*.

Menaces observées

Durant notre étude, nous n'avons pas trouvé de piège à lémuriens dans les sites de *P. simus*. Cependant, l'habitat de l'espèce et ses alentours, de même que les autres éléments de la faune et la flore, font face à de nombreuses menaces. La pratique du «Tavy» est très répandue dans les trois sites et souvent à proximité de l'habitat des groupes de *P. simus*, en particulier sur le site d'Ambodimanga (Ambinanifansana). En 2013, nous avons remarqué une diminution des surfaces brûlées durant la période d'octobre à novembre, sur les deux sites d'Ambodimanga et Ambodiantafana. Par contre, une augmentation des surfaces brûlées, et notamment des «tavy», a été constatée à Lanonana (Berivotra, Ambatonondahy, Amberomanitra, Andobokivolo et Betaola) en décembre. Cette pratique diminue la taille de l'habitat et provoque une grande perturbation des groupes. Ainsi, en novembre 2013, seuls deux tiers de l'habitat du groupe de Berivotra persistaient après le défrichement. Le groupe n'a cependant pas quitté son habitat.

Le prélèvement de bambous dans l'habitat de *P. simus* pour la construction de maisons et de radeaux flottants servant à transporter divers produits agricoles vers la voie ferrée, représente une menace pour sa survie. Au cours de notre étude, seul l'habitat du groupe d'Ambodiantafana ne semble pas être affecté par cette pratique.



Fig. 6: *P. simus* mangeant une nouvelle pousse de bambou *V. diffusa* à Ambolomadinika, site d'Ambodimanga, février 2014. (Photo: Hery Randriaingy)

La proximité entre les chiens errants et le groupe de Beantsofry, ainsi que la divagation du bétail dans l'habitat respectif des groupes d'Anjinjanaomby, Sahatoana et Sahalamboavana, sont sources de stress pour l'espèce, générant un changement de comportement des groupes.

Plusieurs habitations humaines provisoires sont situées à proximité des groupes d'Anjinjanaomby et Sahalamboavana et semble être le principal facteur de disparition ou de déplacement du groupe de *P. simus* de Sahalamboavana en 2013.

Les trois sites ont subi d'importants dégâts en février 2012 lors du passage du cyclone Giovanna (voir Chamberlan et al., 2013). Beaucoup de bambous ont été cassés, courbés et même déracinés par les rafales de vent.

L'exploitation minière à Ambolomandopatra semble être le principal facteur de disparition du groupe de *P. simus* en 2013.

Conservation

Avec plus de 100 individus recensés, la population de *P. simus* des alentours d'Andriantantely est une des plus grandes connues (Wright et al., 2008; McGuire et al., 2009; Bonaventure et al., 2012; Randrianarimanana et al., 2012; UICN, 2014) et mérite en conséquence une attention particulière pour la conservation de l'espèce.

La destruction de son habitat par la culture sur brûlis, le prélèvement de bambous et la chasse constituent de fortes menaces à Andriantantely. Bien que la pression de la chasse semble avoir diminué depuis le début du programme de gestion, il serait néanmoins important de comprendre les facteurs qui ont participé à la disparition d'*Eulemur rubriventer* d'Andriantantely au cours de la dernière décennie (comm. pers., population locale) de manière à prendre les mesures nécessaires pour éviter que les mêmes facteurs n'affectent la population de *P. simus*.

Depuis 2010, The Aspinall Foundation accorde un financement destiné à la conservation de la forêt et sa biodiversité et des lémuriens dans cette région (Ravaloharimanitra et al., en prép.), avec l'appui des associations communautaires (COBAs ou Communautés de Base). Un contrat de Transfert de Gestion a été signé en janvier 2014 à Lanonana en faveur de la COBA Dimbiazanjafy, et deux autres contrats sont en cour de préparation pour la COBA Soafaniry du site d'Ambodimanga et la COBA Fiasa Mirindra du site d'Ambodiantafana. Des séances de formation de la population à l'amélioration des modes de production agricole sont régulièrement organisées en collaboration avec les «Peace Corps» du District de Brickaville afin de réduire la dépen-

dance aux produits forestiers. Par ailleurs lors de chaque visite, une séance de sensibilisation relative aux pressions et menaces engendrées par la pratique accentuée de la culture sur brûlis («Tavy») a été organisée à l'attention des membres des COBAs et de la population locale (Ravaloharimanitra et al., 2013). Depuis, nous avons constaté un accroissement du support apporté par les communautés locales à la conservation commune de *P. simus*.

Ces différentes actions semblent avoir eu deux effets essentiels: une diminution importante de la chasse aux lémuriers et de la réduction des coupes de bambous dans les sites de suivi de *P. simus*. Toutefois, la persistance de la culture sur brûlis et l'exploitation sélective de bois précieux demeurent parmi les problèmes majeurs posés pour la gestion du site.

Conclusion

L'augmentation de l'effectif total de *P. simus* à Andriantantely est un signe encourageant qui suggère le succès des actions conjuguées de suivi et de conservation mises en place. Le présent travail a constitué le point de départ de l'évaluation progressive de l'impact des transferts de gestion établis. Il est impératif de poursuivre (i) le suivi des populations de *P. simus* d'Andriantantely et de l'espèce dans l'ensemble de son aire de répartition, (ii) le soutien aux COBAs ayant en charge les nouveaux projets de gestion forestière et (iii) la mise en place de solution durable permettant de réduire la dépendance aux produits forestiers et à la pratique du «Tavy».

Remerciements

Ce travail a été rendu possible grâce au concours de plusieurs entités couvrant différents domaines. Ainsi, nous adressons de vifs remerciements à l'attention des personnes et entités suivantes: le Ministère de l'Environnement et des Forêts du Gouvernement de Madagascar, et en particulier la Direction du Système des Aires Protégées, qui a délivré notre permis de recherche. Notre reconnaissance s'adresse également à Lovanirina Ranaivosoa, représentante régionale de The Aspinall Foundation à Anivorano Est, et tous les patrouilleurs et présidents des COBA responsables des sites, notamment Botovakana et Lahady (Anjinjanaomby), Son Augustin et Robel Bernard (Ambinanifanasana), Jerisson, Jean de Dieu et Sabotsy Gabriel (Lanonana), ainsi qu'à un reviseur anonyme de cette article. L'étude a été financée par The Aspinall Foundation dans le cadre du Projet «Sauver *Prolemur simus*».

Références

- Andrianandrasana, Z.A.; Rasolofoharivelo, T.; Chamberlan, C.; Ratsimbazafy, J.; King, T. 2013. Etude préliminaire de *Prolemur simus* (Ramaimbangy) dans la forêt de basse altitude de Vohibe, bassin versant Nosivolo, Madagascar, et implications pour sa conservation. *Lemur News* 17: 43-49.
- Bonaventure, A.; Lantovololona, F.; Mihaminekena, T.H.; Andrianandrasana, Z.A.; Ravaloharimanitra, M.; Ranaivosoa, P.; Ratsimbazafy, J.; King, T. 2012. Conservation de *Prolemur simus* dans le site de basse altitude de Vohiposa, District de Brickaville. *Lemur News* 16: 15-20.
- Chamberlan, C.; Ranaivosoa, L.; Ravaloharimanitra, M.; Randrianarimanana, H.L.; Randriaingo, H.N.T.; Roulet, D.; King, T. 2013. Distribution of school reconstruction materials following Cyclone Giovanna to local communities working to conserve greater bamboo lemurs in and around the Ankeniheny-Zahamena Corridor, eastern Madagascar. *Lemur News* 17: 2-4.
- Dolch, R.; Fiely, J.L.; Ndriamiary, J.N.; Rafalimandimby, J.; Randriamampionona, R.; Engberg, S.E.; Louis, E.E.Jr. 2008. Confirmation of the greater bamboo lemur, *Prolemur simus*, north of the Torotorofotsy wetlands, eastern Madagascar. *Lemur News* 13: 14-17.
- King, T.; Chamberlan, C. 2010. Conserving the critically endangered greater bamboo lemur *Prolemur simus*. *Oryx* 44: 167.
- King, T.; Rasolofoharivelo, T.; Randrianasolo, H.; Dolch, R.; Randrianarimanana, L.; Ratolojanahary, T. 2013a. Andriantantely. Pp. 69-70. In: C. Schwitzer; R.A. Mittermeier; N. Davies; S. Johnson; J. Ratsimbazafy; J. Razafindramanana; E.E. Louis Jr.; S. Rajaobelina (eds). *Lemurs of Madagascar: A Strategy for their Conservation 2013-2016*. IUCN/SSC Primate Specialist Group, Bristol Conservation and Science Foundation, and Conservation International, Bristol, UK.
- King, T.; Randrianarimanana, H.L.L.; Rakotonirina, L.H.F.; Mihaminekena, T.H.; Andrianandrasana, Z.A.; Ratolojanahary, M.; Randriaingo, H.N.T.; Ratolojanahary, T.; Rafalimandimby, J.; Bonaventure, A.; Rajaonson, A.; Ravaloharimanitra, M.; Rasolofoharivelo, M.T.; Dolch, R.; Ratsimbazafy, J.H. 2013b. Large-culmed bamboos in Madagascar: distribution and field identification of the primary food sources of the critically endangered greater bamboo lemur *Prolemur simus*. *Primate Conservation* 27: 33-53.
- Lantovololona, F.; Bonaventure, A.; Ratolojanahary, T.; Rafalimandimby, J.; Ravaloharimanitra, M.; Ranaivosoa, P.; Ratsimbazafy, J.; Dolch, R.; King, T. 2012. Conservation de *Prolemur simus* autour de la forêt de basse altitude d'Andriantantely, District de Brickaville. *Lemur News* 16: 7-11.
- McGuire, S.M.; Bailey, C.A.; Rakotonirina, J.-N.; Razanajatovo, L.G.; Ranaivoarisoa, J.F.; Kimmel, L.M.; Louis Jr., E.E. 2009. Population survey of the greater bamboo lemur (*Prolemur simus*) at Kianjavato Classified Forest. *Lemur News* 14: 41-43.
- Meier, B.; Rumpler, Y. 1987. Preliminary survey of *Haplemur simus* and of a new species of *Haplemur* in eastern Betsileo, Madagascar. *Primate Conservation* 8: 40-43.
- Mihaminekena, T.H.; Ravaloharimanitra, M.; Ranaivosoa, P.; Ratsimbazafy, J.; King, T. 2012. Abondance et conservation de *Prolemur simus* dans les sites de basse altitude de Sahavola et Ambalafary, District de Brickaville. *Lemur News* 16: 11-15.
- Petter, J.-J.; Albignac, R.; Rumpler, Y. 1977. Faune de Madagascar 44: Mammifères Lémuriens (Primates Prosimiens). Paris: Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer (ORSTOM)/Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS).
- Rakotonirina, L.; Rajaonson, A.; Ratolojanahary, T.; Rafalimandimby, J.; Fanomezantsoa, P.; Ramahefasoa, B.; Rasolofoharivelo, T.; Ravaloharimanitra, M.; Ratsimbazafy, J.; Dolch, R.; King, T. 2011. New distributional records and conservation implications for the critically endangered greater bamboo lemur *Prolemur simus*. *Folia Primatologica* 82(2): 118-129.
- Randrianarimanana, L.; Ravaloharimanitra, M.; Ratolojanahary, T.; Rafalimandimby, J.; Rasolofoharivelo, T.; Ratsimbazafy, J.; Dolch, R.; King, T. 2012. Statut et conservation de *Prolemur simus* dans les sites de Ranomainty et Sakalava du Corridor Ankeniheny-Zahamena. *Lemur News* 16: 2-7.
- Ravaloharimanitra, M.; Ratolojanahary, T.; Rafalimandimby, J.; Rajaonson, A.; Rakotonirina, L.; Rasolofoharivelo, T.; Ndriamiary, J.N.; Andriambololona, J.; Nasoavina, C.; Fanomezantsoa, P.; Rakotoarisoa, J.C.; Youssouf; Ratsimbazafy, J.; Dolch, R.; King, T. 2011. Gathering local knowledge in Madagascar results in a major increase in the known range and number of sites for critically endangered greater bamboo lemurs (*Prolemur simus*). *International Journal of Primatology* 32(3): 776-792.
- Ravaloharimanitra, M.; Ranaivosoa, L.; Chamberlan, C.; King, T. 2013. Sensibilisation à la conservation de *Prolemur simus* dans le District de Brickaville. *Lemur News* 17: 6-8.
- Ravaloharimanitra, M.; Randriaingo, H.N.T.; Ranaivosoa, L.; Chamberlan, C.; King, T. en prep. Conservation communautaire de la forêt humide de basse altitude d'Andriantantely, Madagascar.
- Schmid, J.; Alonso, L.E. (eds). 2005. A rapid biological assessment of the Mantadia-Zahamena Corridor, Madagascar. RAP Bulletin of Biological Assessment No. 32. Conservation International, Washington, D.C.
- Tan, C.L. 1999. Group composition, home range size, and diet of three sympatric bamboo lemur species (genus *Haplemur*) in Ranomafana National Park, Madagascar. *International Journal of Primatology* 20(4): 547-566.
- IUCN 2014. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. www.iucnredlist.org. Downloaded on 10 July 2014.
- Wright P.C.; Daniels P.S.; Meyers, D.M.; Overdorff, D.J.; Rabesoa, J.A. 1987. Census and study of *Haplemur* and *Propithecus* in southeastern Madagascar. *Primate Conservation* 8: 84-88.
- Wright, P.C.; Johnson, S.E.; Irwin, M.T.; Jacobs, R.; Schlichting, P.; Lehman, S.; Louis, E.E. Jr.; Arrigo-Nelson, S.J.; Raharison, J.-L.; Rafalirison, R.R.; Razafindratsita, V.; Ratsimbazafy, J.; Ratelolahy, F.J.; Dolch, R.; Tan, C. 2008. The crisis of the critically endangered greater bamboo lemur (*Prolemur simus*). *Primate Conservation* 23: 5-17.

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

Jordi Salmona^{1#*}, Ando Rakotonanahary^{2#}, Ibouroi Mohamed Thani^{1,5,6}, Radavison Zaranaina², Tantely Ralantoharijaona², Fabien Jan¹, Emmanuel Rasolondraibe², Mélanie Barnavon¹, Angelika Beck¹, Sébastien Wohlhauser³, Patrick Ranirison³, John Rigo-bert Zaonarivelo⁴, Clément Rabarivola², Lounès Chikhi^{1,5,6*}

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

²Université de Mahajanga, Faculté des Sciences, BP 652, 401 Mahajanga, Madagascar

³ONG FANAMBY, Lot II K 39 bis, Ankadivato, 101 Antananarivo, Madagascar

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

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

⁶Université de Toulouse; UMR 5174 EDB, F-31062 Toulouse, France

1ers auteurs partagés

*Corresponding authors: jordi.salmona@gmail.com, 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/km² 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 densité 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 caducifoliée 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).

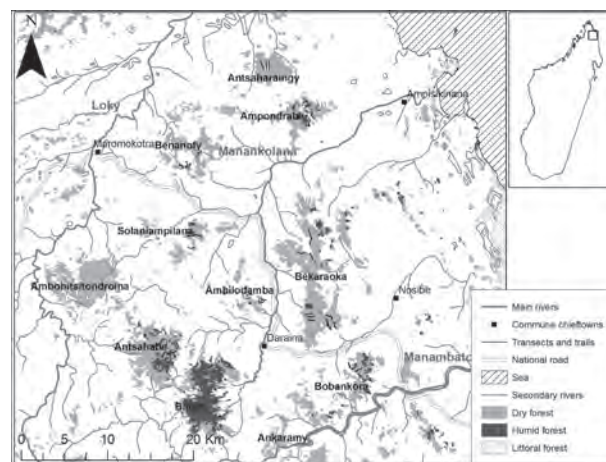


Fig. 1: Carte de la région de Daraina et distribution des transects dans chaque site d'étude.

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. 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 ~1km 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 densités 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/km² à Antsaharaingy à 325.3 ind/km² 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/km² à Bekaraoka et ~250 ind/km² 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./km² et dans la Réserve Spéciale d'Analamerana (188 ind./km²). 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-Rodrigues *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 (km²)	Taille de la population (A)		
							D	95% CI			A	95% CI	
								Inf	Sup			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 Fanamby 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.

Funding and Training

AEEL Small Grants

Since 2009, AEEL awards two small grants of up to €1,000 each year to graduate students, qualified conservationists and/or researchers to study lemurs in their natural habitat. Priority is given to proposals covering conservation-relevant research on those species red-listed as Vulnerable, Endangered, Critically Endangered or Data Deficient by the IUCN. We support original research that helps with establishing conservation action plans for the studied species. Grants are normally given to recent graduates from Malagasy universities to help build local capacity.



We may also, in special circumstances, support studies on Malagasy species other than lemurs if the proposal provides satisfactory information as to how lemurs or the respective habitat/ecosystem as a whole will benefit from the research. All proposals will be assessed by the Board of Directors of AEEL and/or by external referees. The deadline for applications is February 15th of each year. Successful applicants will be notified by June 1st. More information can be found on the AEEL website, www.aeel.org.

The Mohamed bin Zayed Species Conservation Fund

Announced at the World Conservation Congress in Barcelona in 2008, The Mohamed bin Zayed Species Conservation Fund is a significant philanthropic endowment established to do the following:

- Provide targeted grants to individual species conservation initiatives;
- Recognize leaders in the field of species conservation; and
- Elevate the importance of species in the broader conservation debate.



The fund's reach is truly global, and its species interest is non-discriminatory. It is open to applications for funding support from conservationists based in all parts of the world, and will potentially support projects focused on any and all kinds of plant and animal species, subject to the approval of an independent evaluation committee.

Details on this important source for species conservation initiatives and research can be found at <http://www.mbz-speciesconservation.org>.

Theses completed

Andriamampianina, F.S. 2013. Biologie, écologie et statut de conservation de quelques espèces consommées par *Varecia variegata variegata* à Kianjavato (Région Vatovavy Fitovinany-Sud Est de Madagascar. Mémoire de DEA, en Sciences de la vie, option Ecologie Végétale, Département de Biologie et Ecologie Végétales, Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo.

La forêt classée de Kianjavato continue un des habitats de *Varecia variegata variegata*. Cette forêt n'est pas une aire protégée. Ainsi, due aux diverses pressions (anthropiques ou naturelles), cette forêt est actuellement dégradée. Des études sur la biologie, l'écologie et l'évaluation du statut de conservation de quelques espèces de plantes les plus consommées par *Varecia variegata variegata* ont été réalisées afin de bien caractériser l'habitat des espèces végétales cibles dans forêt de Kianjavato. Trois (3) plots de 1000m² ont été installés dans chaque site pour étudier la physiologie de la végétation ainsi que pour déterminer la régénération naturelle des espèces cibles. Les résultats obtenus ont montré que la végétation présente quatre strates bien distinctes. Les 5 espèces étudiées ont une bonne régénération et elles ont une très large distribution avec une aire d'occurrence supérieure à 20 000km². Plusieurs menaces comme le «tavy», le défrichement et l'exploitation forestière pèsent sur l'habitat des espèces étudiées. *Canarium boivinii*, *Ocotea grayi* et *Xylopia buxifolia* sont classées en danger d'extinction (EN), *Canarium mdagascariense* et *Streblus dimepate* sont évaluées Vulnérables (VU). Dans le but d'une meilleure gestion des ressources, et de bien conserver ces espèces végétales ainsi que l'habitat de *Varecia variegata variegata* dans la forêt de Kianjavato, des mesures de protections sont ici proposées. **Mots-clés:** statut de conservation, plantes consommées, *Varecia variegata variegata*, forêt classée de Kianjavato, végétation, Madagascar.

Andriatahina, A.E. 2013. Etude comportementale et réseau social chez *Lemur catta*, Linnaeus, 1758 dans la Réserve Privée de Berenty, Amboasary, Amboasary Sud, Madagascar. Mémoire de DEA, Formation Doctorale en Sciences de la vie, Option Biologie, Ecologie et Conservation Animales, Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo.

Les Primates, vivant en groupe, interagissent socialement entre eux. Cette interaction peut être soit positive, c'est l'affiliation, ou négative, c'est l'agression. Plusieurs facteurs peuvent influencer cette réciprocité, comme la position dans la hiérarchie et l'âge. Dans cette étude, les différences, dans les relations sociales entre les deux sexes dans le groupe de *Lemur catta* sont mise en exergue. Cette espèce a été bien étudiée dans nombreuses réserves et parcs nationaux, mais son réseau social n'est pas encore bien connu et s'avère ainsi intéressant. L'étude est menée dans la Réserve Privée de Berenty au cours d'une période de trois mois (Mai - Juillet) en 2012. Un groupe (YF) de 12 individus formé par quatre adultes femelles, quatre adultes mâles et quatre juvéniles, est suivi par la méthode «focal sampling» et «scan sampling». Les résultats révèlent que les événements agressifs sont dirigés des femelles envers les mâles et que ces derniers reçoivent plus que d'agressions des femelles qu'entre eux. Les femelles passent plus de temps dans les comportements affiliatifs que les mâles, sauf pour manger ensemble où la différence n'est pas significative. La hiérarchie de dominance est dérivée à partir des cris de soumission et pour les deux sexes les femelles en reçoivent plus que les mâles. Les sociogrammes obtenus montrent que presque tous les individus sont reliés les uns aux autres et qu'il n'y a pas de sous-groupes. Cette étude a permis de savoir le réseau social du groupe étudié, il est aussi nécessaire de faire des suivis sur les autres groupes de la réserve social du groupe étudié, il est aussi nécessaire de faire des suivis sur les autres groupes de la réserve. Ainsi, les relations sociales peuvent être différentes et dépendantes des conditions écologiques.

Mots-clés: affiliation, agression, Berenty, dominance, *Lemur catta*, Madagascar, sexes, réseau social, sociogramme.

Fenosoa, Z.S.E. 2013. Evaluation hormonale et comportementale en réponse au stress dû à la capture-relâche d'une population sauvage de *Microcebus murinus* (J.F. Miller. 1777) dans la forêt de Kirindy/CNFEREF Morondava. Mémoire de DEA, Formation Doctorale en Sciences de la vie, Option Biologie, Ecologie et Conservation Animales, Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo.

La capture et manipulation des animaux sauvages sont souvent nécessaires pour des études telles que les études physiologiques et le suivi régulier d'une population. Cependant, la procédure est connue pour causer une réponse au stress pour l'animal capturé. La magnitude de la réponse au stress peut dépendre du type de manipulation subie par les individus et peut changer à travers des captures consécutives via l'habitude de l'animal à l'événement. Dans cette étude menée dans la forêt de Kirindy, à l'Ouest de Madagascar entre les mois d'avril et juillet 2012, la réponse au stress d'une population sauvage de microcèbes (*Microcebus murinus*) marqués individuellement, capturés d'une manière routinière, a été quantifiée par la mesure du métabolite de glucocorticoïde dans les fèces (FGCM) à son niveau basal et deux jours après capture et manipulation. Trois types de manipulation d'intensité différente ont été comparés et l'expérience des individus à la capture sur la réponse au stress a été évaluée. En outre, l'influence du type de manipulation, de l'expérience à la capture et de la réponse hormonale sur le comportement à la relâche (temps mis sortir du piège) a été étudiée. La capture et la manipulation des individus ont provoqué une augmentation d'environ 41.6% du niveau de FGCM. La réponse hormonale n'est pas affectée par l'expérience des individus à la capture mais est élevée chez les animaux soumis à une manipulation invasive comparée à celle des animaux de la manipulation minimum. Le temps mis par les individus pour sortir du piège n'est pas influencé par le type de manipulation subie, ni par leur expérience à la capture ni par leur réponse hormonale. Aucune évidence à l'habitude au stress répété n'a été trouvée, mais les constatations suggèrent que la magnitude de la réponse physiologique dépend de l'intensité des procédures de manipulation. Les résultats de cette étude peuvent être utiles dans l'amélioration du bien-être des animaux pour les futures recherches.

Mots-clés: capture, manipulation, *Microcebus murinus*, réponse au stress, glucocorticoïdes, comportement, facteur de stress répété, Kirindy/CNFEREF

Hanitriniaina, C. 2013. Identification des pressions anthropiques pour la conservation des lémuriens *Microcebus murinus* et *Cheirogaleus medius* de la forêt littorale de transition de Petriky. Mémoire de DEA, Formation Doctorale en Sciences de la vie, Option Biologie, Ecologie et Conservation Animales, Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo.

La perte de 80% de la forêt de Madagascar entraîne une disparition des espèces de lémuriens. C'est la raison pour laquelle l'objectif de cette étude est d'avoir des informations sur les menaces pesant sur leurs habitats qui peuvent constituer des outils extrêmement importants pour la protection de ces espèces. L'étude a été conduite dans la forêt littorale de transition de Petriky Sud-est de Madagascar au mois de mai jusqu'au mois de juillet 2012. Le travail a été effectué suivant la subdivision de la forêt en zone conservée et non conservée. Les espèces de lémuriens nocturnes *Microcebus murinus* et *Cheirogaleus medius* ont été observées suivant une ligne de transect. Ensuite l'habitat a été décrit dans une surface de 0.1 ha, la structure de la forêt, et sa composition ont été relevées, puis les renseignements sur les différentes pressions menaçant l'habitat ont été notés. Les résultats ont montré que *Microcebus murinus* est encore plus abondante dans la forêt avec une densité moyenne de 2.5 individu/km², tandis que l'abondance de *Cheirogaleus medius* est faible (0.7 individus/km²). En général les paramètres structuraux révèlent que la forêt de Petriky est moyennement dégradée. Elle est caractérisée par: l'abondance des arbres de faible diamètre, une surface terrière de 11.85 m²/ha, une indice de diversité de Shannon-Weaver élevée ($H' = 3.6$), et une couverture de la canopée de 47-72%. Pourtant la coupe (228 coupes), le défrichement, le feu, la divagation de bétail, la chasse, la collecte des lianes constituent les paramètres anthropiques qui menacent la survie des lémuriens. Les facteurs les plus menaçants varient d'une espèce à une autre, les Microcèbes sont vulnérables aux

coupes d'arbres tandis que les Cheirogales sont sensibles à toutes variétés de pression. De ce fait, *Cheirogaleus medius* est la plus menacée à cause de sa faible densité, de son écologie et de son biologie de reproduction. Pour protéger l'habitat de ces lémuriens, la restauration par le reboisement des espèces d'arbres exploitées est à recommander.

Mots-clés: *Microcebus murinus*, *Cheirogaleus medius*, forêt littorale, dégradation, forêt de Petriky, Tolagnaro, Madagascar

Joromampionona, A.N. 2013. Ecology and multiplication of the species consumed by *Varecia variegata* and *Eulemur rufifrons* for the reforestation at Kianjavato. Mémoire de DEA, en Sciences de la vie, option Ecologie Végétale, Département de Biologie et Ecologie Végétales, Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo.

Madagascar is rich in flora and fauna species. The forest community is subjected to human pressures resulting from galloping demography and agriculture slash and burn practices. This led to forest fragmentation into islets and its surface area is continually decreasing. Forest fragmentation restricts the dispersal of species, which results in loss of species and impoverishes the genetic makeup of isolated populations. It appears necessary to restore these islets through reforestation in order to ensure the survival of species and to maintain the ecological balance. The plantation of trees producing fruit will attract frugivores to disperse seeds in the corridors.

In Kianjavato, monitoring of two lemur seed dispersers *Varecia variegata* and *Eulemur rufifrons* was carried out to know the plant species used by both animals, which will be necessary for the reforestation. In order to observe the effect of the transition of seeds within the digestive tract, seeds (fecal or not) from fruits consumed by both animals were collected and treated before being sowed. Ecological studies of plant species most consumed by the lemurs were also conducted to determine their ecological requirements in their habitat.

During six months of monitoring, thirty seven plant species were recorded to have been eaten by *Varecia variegata* and *Eulemur rufifrons*. The plant part eaten by lemurs varies seasonally, with fruit being the most consumed.

In situ, the targeted plants occur in multilayered habitat with an open canopy. They have a high rate of natural regeneration but with a health problem at the population level. Concerning germination, the results showed that seeds from feces present a germination rate higher (69%) than no fecal seeds (39%). Furthermore, the germination rate of fecal seeds from *Varecia variegata* is grepier (69%) than fecal seeds from *Eulemur rufifrons* (39%).

Keywords: *Varecia variegata*, *Eulemur rufifrons*, regeneration, reforestation, seed dispersal, Kianjavato (Sangasanga, Vato-vavy).

Rabarivelo R.D. 2013. Soins parentaux chez *Eulemur rubriventer* dans le site Talatakely du Parc National Ranomafana. Mémoire de DEA, Formation Doctorale en Sciences de la vie, Option Biologie, Ecologie et Conservation Animales, Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo.

Les comportements de soins parentaux sont communs chez tous les mammifères et variés chez les lémuriens. Une étude a été conduite sur les soins parentaux d'*Eulemur rubriventer*, un lémurien monogame, vivant dans la forêt pluvieuse de l'Est dans le Parc National de Ranomafana à Madagascar. Trois groupes ont été suivis durant les mois de juin et juillet 2012. La méthode «focal sampling» a été adoptée durant 30 jours d'observation, en notant chaque comportement vis-à-vis de l'individu focal. Les résultats ont montré que la hiérarchie sociale est très remarquable. Dans le groupe, tous les membres participent aux activités relatives au soin parental. La femelle est la plus active dans le toilettage (67%). Le mâle interagit beaucoup avec le juvénile durant les sessions de jeux (51%). Ceci est important pour l'apprentissage et le développement de la musculature du juvénile. La dominance de la femelle est expliquée par son active intervention dans le maintien de la proximité spatiale entre les membres du groupe mais surtout vis-à-vis du juvénile. Les interactions agressives sont rarement observées même pendant les moments de confrontations face aux autres groupes de la même espèce ou d'espèce différente. Les comportements d'affiliation et de soins parentaux servent ainsi à maintenir la cohésion et l'organisation interne du groupe d'*Eulemur rubriventer*.

Mots-clés: *Eulemur rubriventer*, hiérarchie sociale, soins parentaux, dominance de femelle, forêt pluvieuse de l'est, Ranomafana, Madagascar.

Raharimihaja, A.E.T. 2013. Effet de bordure sur *Propithecus verreauxi* (Grandidier, 1867) dans la forêt de Kirindy/CNFEREF Morondava. Mémoire de DEA, Formation Doctorale en Sciences de la vie, Option Biologie, Ecologie et Conservation Animales, Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo.

L'étude consiste à comprendre l'influence de l'effet de bordure aux *Propithecus verreauxi* et à déterminer ses réponses comportementales face aux pressions appliquées à ses habitants afin d'établir des stratégies futures de conservation. Plusieurs méthodes et outils ont été utilisés pour atteindre les objectifs de la recherche. L'étude a été axée sur 5 groupes focaux dont trois dans la forêt intacte et deux dans la lisière. La méthode de «focal sampling» a été optée pour l'étude de comportement. À partir des données obtenues pendant trois mois (Avril à Juillet 2012) dans la forêt de Kirindy/CNFEREF, il apparaît que la température de l'air présente une forte variation temporelle et spatiale. Les groupes présentent une différence significative sur les modèles d'activités comportementales. Les individus en bordure dépensent la plupart de leur journée en activité de repos alors que les groupes en forêt intacte se concentrent plutôt sur l'activité alimentaire. Les Sifakas habitant la lisière possèdent un domaine vital plus restreint, (en moyenne 2.71 ha pour les groupes en bordure et avec 4.5 ha pour ceux de l'intérieur). Du point de vue régime alimentaire, les plantes consommées par les groupes en forêt intacte sont plus diversifiées. Les feuilles composent la plus grande partie de leur nourriture. La différence de nourritures consommées dans chacun des groupes est en relation avec la disponibilité des arbres nourriciers dans leur territoire. La méthode de transect linéaire a permis d'obtenir la densité relative des *Propithecus* dans chaque site. La forêt intacte habite une plus forte densité voire même trois fois plus par rapport à la lisière. Après avoir mesuré le taux hormonal, les résultats montrent que les Sifakas habitant tout près de la savane sont soumis à des niveaux de stress élevés. Il en ressort de ce travail que les groupes en bordure sont affectés par la perturbation de l'habitat d'où la priorisation de la conservation dans ce site.

Mots-clés: comportement, conservation, écologie, effet de bordure, forêt de Kirindy, *Propithecus verreauxi*, Morondava, Madagascar.

Rajonarivelo, T.H. 2013. Suivi Nutritionnel de trois espèces de Lémuriens dans deux Parcs Zoologiques de Madagascar. Thèse en Médecine Vétérinaire. Faculté de Médecine, Université d'Antananarivo.

La nutrition est un facteur clef de réussite de l'élevage en captivité. Elle contribue au bien-être et à la santé animale. Cependant, l'étude nutritionnelle du régime alimentaire dans ces milieux est peu nombreuse surtout pour le cas des Lémuriens de Madagascar. Nous avons étudiés trois espèces frugivores: *Eulemur flavifrons*, *Eulemur rubriventer*, *Varecia variegata* classées critiqueusement en danger selon l'IUCN et élevées au Parc Zoologique d'Ivoloïna (PZI) et au Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza (PBZT). De plus, la catégorie alimentaire auxquelles elles appartiennent, est la plus représentée en captivité. Les deux institutions situées dans deux régions différentes, ont été comparées pour voir si l'apport en énergie, en protéine, en lipide, en glucide et en fibre du régime seraient identiques. Pour ce faire, le poids vif a été relevé mensuellement, la quantité de la ration a été évaluée et l'apport nutritionnel ingéré a été déterminé. Il a été constaté que seul l'apport en matière sèche pour l'espèce *Eulemur flavifrons* a été significativement différent pour lequel on note un excédant au niveau du PZI. Les analyses nutritionnelles ont permis de constater une similarité dans l'apport énergétique et protéique pour l'*Eulemur flavifrons*; glucidique et en fibre pour l'*Eulemur rubriventer*; énergétique, lipidique et glucidique pour le *Varecia variegata*. Les résultats de l'étude ont permis de voir que les rations des espèces nécessitent une correction afin de remédier à l'excès de glucide et au manque de protéine par rapport à leurs véritables besoins.

Mots-clés: Lémuriens, nutrition, *Eulemur flavifrons*, *Eulemur rubriventer*, *Varecia variegata*, captivité, Madagascar.

DEA, Formation Doctorale en Sciences de la vie, Option Biologie, Ecologie et Conservation Animales, Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo.

La perte de l'habitat présente une sérieuse menace pour les lémuriens. Son effet sur l'alimentation est inéluctable. Or, l'alimentation (40.7%) fait partie des activités principales de *Propithecus diadema* dans la forêt d'Ambatovy-Analamay. En évaluant l'impact de la fragmentation forestière du site minier d'Ambatovy sur son comportement alimentaire et en utilisant la méthode d'échantillonnage instantané par animal (Altmann, 1974) entre octobre 2011 et février 2012, il a été montré que la procédure alimentaire varie selon la disponibilité des nourritures. Un inventaire floristique a été parallèlement effectué afin d'évaluer la variation des ressources entre les milieux impactés par les défrichements et les milieux non impactés. Les résultats obtenus ont relevé une différence sur les fréquences de l'alimentation ainsi sur l'utilisation de l'habitat au cours de cette activité. Les groupes des zones impactées par les défrichements consacrent plus de temps à l'alimentation (44.1%) par rapport à ceux des zones non impactées (42.9%). Néanmoins, les groupes des fragments ont montré une tolérance en adoptant la stratégie de maximisation d'énergie qui se traduit par la favorisation du comportement d'alimentation. Par ailleurs, *P. diadema* montrait une préférence pour la plante *Uapaca* sp. (Euphorbiaceae) dans chacun des habitats.

Mots-clés: Ambatovy-Analamay, comportement alimentaire, défrichement domaine vital, fragmentation, Madagascar, *Propithecus diadema*, ressources alimentaires.

Rakotoarivony, R. 2013. Comportement social de l'*Eulemur fulvus*, dans la forêt caducifoliée du Parc National Ankarafantsika. Mémoire de DEA, Option Paléontologie et évolution biologique, spécialité Primatologie, Département de Paléontologie et d'Anthropologie Biologique. Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo.

La présente étude se porte sur les différents aspects des relations sociales qui régissent les groupes chez *Eulemur fulvus*. Son objectif est d'étudier la relation entre les activités sociales au niveau de deux groupes et la conservation de l'espèce. Ainsi, l'observation et le dénombrement des toiletages, des conflits et des jeux au Parc National Ankarafantsika, en fonction de quelques paramètres ont été effectués dans ces deux groupes. Les résultats montrent que les deux groupes effectuent 75 à 76% de toiletages; 7 à 9% de conflits intra-groupes et 15 à 18% de jeux. Aussi, en comparant le nombre de chaque type d'activité sociale entre les deux groupes, nous sommes arrivés à un constat que les différences décelées ne sont pas significatives. Donc, quelque soit les paramètres non négligeables. C'est donc la combinaison des différents facteurs de l'écosystème qui influence le comportement social des groupes et la conservation.

Mots-clés: *Eulemur fulvus*, toiletages, conflits, jeux écosystème, Parc National Ankarafantsika.

Rakotosolofo, A. 2013. Impacts des effets anthropiques sur la vision de couleur des lémuriens diurnes, dans la forêt de Kirindy-Mitea et dans la forêt de Ranomafana. Mémoire de DEA, Option Paléontologie et évolution biologique, spécialité Primatologie, Département de Paléontologie et d'Anthropologie Biologique. Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo. La mensuration de la qualité de la luminosité de l'environnement pourra fournir des informations nécessaires à des explications fonctionnelles sur les effets anthropiques dans la diversité des forêts tropicales. Nos études sont menées sur les analyses des densités relatives des feuilles et des intensités des spectres lumineux visibles, pénétrés dans deux types de forêts: la forêt dense sèche de Kirindy-Mitea et la forêt tropicale humide de Ranomafana. Dans les deux sites, les densités relatives des feuilles dans 0 à 20 m et dans 25 à 50 m de la route ne présentent pas des différences significatives. Elles influencent notamment les intensités des différents types de spectres lumineux dans la forêt humide de Ranomafana que dans la forêt de Kirindy-Mitea. Les spectres lumineux sous l'ombrage de la forêt humide sont verdâtres à vert-orangés. Sous l'ombrage de la forêt sèche, la canopée est plus ouverte, la couleur de la luminosité est devenue jaune claire. Les lémuriens diurnes dans les deux sites ont de type de vision dichromatique, sauf certaine femelle du genre *Propithecus* qui sont alléluement trichromatiques. Ainsi, la forêt de Ranomafana, plus riche en spectre de longueur d'onde moyenne (MWV) favorise la vi-

Rakotoarinia, R.M.R. 2012. Impact de la fragmentation de l'habitat sur le comportement alimentaire de *Propithecus diadema* dans la forêt d'Ambatovy-Analamay. Mémoire de

sion de couleur des lémuriens diurnes, tandis que la forêt de Kirindy-Mitea, moins riche en spectre MW permet à une vision de couleur moins nette et requiert des adaptations particulières.

Mots-clés: spectres lumineux, densités des feuilles, longueur d'onde, effets anthropiques, lémuriens.

Ramanamisata, R.N. 2012. Comportements alimentaires et activités de *Propithecus coronatus* dans la station forestière à usage multiple d'Antrema (Katsepy-Région Boeny). Mémoire de DEA, Formation Doctorale en Sciences de la vie, Option Biologie, Ecologie et Conservation Animales, Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo.

Une étude sur le comportement alimentaire et les différentes activités de *Propithecus coronatus* a été effectuée dans la Station Forestière à Usage Multiple d'Antrema au Nord-Ouest de Madagascar. Les données ont été collectées en saison sèche (Avril-Juin 2009) sur 8 groupes de *Propithecus* et en saison humide (Octobre-Novembre 2009) sur 3 groupes. Les méthodes: *instantaneous scan sampling* et *focal animal sampling* combinées avec la méthode de bouchée ingérée ont été utilisées. Le domaine vital a été estimé à l'aide des coordonnées GPS relevées tout au long de l'observation. Une étude sur la phénologie des arbres et des lianes a été également effectuée pour connaître la variabilité saisonnière des ressources. Le budget d'activités montre que le repos occupe la majorité du temps de *P. coronatus* pendant les deux saisons. L'alimentation et le déplacement font partie des activités les plus importantes, mais la proportion de ces activités varie suivant les saisons. Le déplacement est le plus important pendant la saison sèche que pendant la saison humide, mais inversement pour l'alimentation. En moyenne un groupe de *Propithecus* n'exploite qu'un faible domaine vital de 1.74 ha, le male et la femelle parcourent respectivement en moyenne 623 et 639 m par jour. Plus de 57 espèces de plantes forment le répertoire alimentaire de *P. coronatus*, dont constituent les aliments majeurs consommés à plus de 10% en saison sèche et 5 en saison humide. Le régime alimentaire de *P. coronatus* est composé essentiellement de feuilles, mais également de fleurs et de fruits en quantité variable suivant leur abondance saisonnière. Des études supplémentaires sont encore nécessaires afin de mieux expliquer la dominance femelle chez cette espèce. De même des analyses phytochimiques des plantes consommées par *P. coronatus* sont aussi requises pour vérifier la nature de leur choix alimentaire.

Mots-clés: Antrema, budget d'activité, domaine vital, phénologie, *Propithecus coronatus*, régime alimentaire, comportements alimentaires.

Ratsitohaina, R.M. 2013. Evaluation des populations de Lémuriens diurnes et transfert de gestion dans la forêt classée d'Ambohilero, Commune de Didy, Ambatondrazaka. Mémoire de DEA, Formation Doctorale en Sciences de la vie, Option Biologie, Ecologie et Conservation Animales, Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo.

Le développement d'une espèce animale n'est pas toujours évident dans un environnement instable influencé par différents facteurs: abiotique ou anthropique. Depuis 2004, la conservation de la forêt dans quelques parties du corridor Ankeniheny-Zahamena a été assurée par la communauté locale de base COBA. Nos études dans ces parties du CAZ, plus précisément à Didy, dans la forêt classée d'Ambohilero se sont déroulées de mai à juin 2011 et de novembre à décembre 2011. L'objectif est d'établir une évaluation initiale des populations de lémuriens diurnes suite à l'instauration des différents transferts de gestion des forêts. La méthode d'inventaire sur transect linéaire nous a permis d'avoir la densité relative des six espèces diurnes et cathémérales de lémuriens, le nombre et la taille des groupes résidents dans trois sites distincts: deux sites sont transférés et le dernier est un site témoin. Avec le paramètre caractéristique de la végétation, l'hétérogénéité de la forêt d'Ambohilero a été vérifiée. Les espèces *Indri indri* et *Varecia variegata* sont celles qui avaient les densités relatives les plus élevées (respectivement 109 individus/km² et 219 individus/km²) et cela dans le site non transféré. La forêt d'Ambohilero ne présentait pas, du moins jusqu'à nos études sur le terrain, de grandes menaces pour les espèces (chasse, pressions anthropiques) puisque dans l'ensemble du massif forestier, les lémuriens sont tabous. Enfin, cette étude nous a permis de vérifier la richesse en Lémuriens de cette région du CAZ qui attend

toujours d'être protégé afin de prévenir l'extinction des espèces de Lémuriens, emblèmes de Madagascar.

Mots-clés: Ambohilero, Communauté de base COBA, densité, Didy, lémuriens, transferts de gestion.

Ravaolahy, H.M.H. 2013. Etude du domaine vital d' *Eulemur collaris* (Primates, Lemuridae) et les facteurs écologiques qui le déterminent, dans les zones de conservation de Mandena et de Sainte Luce, Taolagnaro, Madagascar. Mémoire de DEA, Formation Doctorale en Sciences de la vie, Option Biologie, Ecologie et Conservation Animales, Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo.

La présente étude vise à déterminer le domaine vital d'une espèce de Primate, *Eulemur collaris* (E. Geoffroy, 1812), et les paramètres écologiques qui le déterminent. Des investigations ont été faites du 16 février au 27 juillet 2011 dans des fragments de forêts littorales Mandena (24°55'S 46°59'E) et Sainte Luce (24°45'S 47°11'E), dans la région de Taolagnaro. Deux groupes ont été étudiés et comparés pour chaque site. Le régime alimentaire et le comportement ont été déterminés par les méthodes «Instantaneous Focal Sampling» et «Auditory Focal Sampling». La détermination de la taille du domaine vital s'est faite par «Minimum Convex Polygons» et «Kernel à 95 et 50%». De plus, l'habitat naturel du territoire a été décrit via une étude dendrométrique des plantes et la méthode de Gautier. Les résultats ont confirmé le régime frugivore d'*Eulemur collaris*. La taille domaine vital varie de 13 à 34 ha (95% Kernel). Par le biais de corrélation de Spearman, la diversité spécifique des plantes demeure le principal facteur qui influence la taille du domaine vital. L'étude des habitats a révélé que les territoires étudiés divergent les uns des autres et chaque groupe réagit différemment à la qualité de son habitat. Cette étude offre aussi un aperçu sur la projection de la viabilité de l'espèce et sa tendance future.

Mots-clés: domaine vital, primate, *Eulemur collaris*, Mandena, Sainte Luce, Taolagnaro, instantaneous focal sampling, auditory focal sampling, minimum convex polygons, kernel à 95% et 50%, méthode de Gautier.

Razafindrakoto, A. 2013. Génétique de population de *Propithecus tattersalli* (Simons, 1988) dans un habitat naturel très fragmenté de Daraina Madagascar. Mémoire de DEA, Formation Doctorale en Sciences de la vie, Option Biologie, Ecologie et Conservation Animales, Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo.

Cette étude concerne la génétique de conservation de la population de *Propithecus tattersalli* vivant dans un habitat extrêmement fragmenté de la région de Daraina, Nord-est de Madagascar, entre 49°25' - 49°55' E et 12°50' - 13°19' S. Le but principal est de déterminer sa diversité génétique afin d'établir une stratégie de conservation de cette espèce qui est endémique de cette zone restreinte. Les échantillons génétiques ont été collectés dans six fragments forestiers à Daraina depuis l'an 2000 jusqu'à 2006. Soixante seize individus ont été typés avec 12 microsatellites polymorphiques marqueurs nucléaires. Les résultats des analyses ont montré que la diversité génétique actuelle est assez élevée chez cette espèce avec un nombre moyen d'allèles de 6,6 sur 12 loci et d'une hétérozygotie moyenne de 0,067 à 0,298, indiquent un degré modéré à élevé de différenciation entre populations. Les individus échantillonnés étaient classés en trois groupes génétiques selon le résultat du test de structure: Malgré l'habitat très fragmenté ainsi que la démographie passée et présente, ces informations ont révélé que l'état de santé génétique actuel de cette espèce est encore moins inquiétant aussi bien dans chaque fragment forestier que dans la population toute entière. Ces données ont permis de savoir qu'il est temps de créer une stratégie appropriée pour la conservation de cette espèce.

Mots-clés: conservation, Daraina, Indridae, Madagascar, microsatellites, *Propithecus tattersalli*.

Razafintsoafinaritra, S.J. 2012. Impacts cycloniques sur les sauts de *Propithecus verreauxi* (Grandidier, 1867) dans le Parc National de Kirindy Mitea, Régions du Menabe, Province de Toiliara. Mémoire de DEA, Option Paléontologie et évolution biologique, spécialité Primatologie, Département de Paléontologie et d'Anthropologie Biologique. Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo.

Cette étude a été faite dans le Parc National de Kirindy Mitea, situé environ à 90 km au Sud du district de Morondava,

région du Menabe, du mois d'Avril 2010 au mois de Juillet 2010. Nous avons capturé et pesé des *Propithecus verreauxi*. Plusieurs mesures ont été prises sur ces individus. L'étude de saut de *Propithecus verreauxi* présente des différentes variations de sauts: saut vertical tendu et saut plongeant. Le saut plongeant présente une forte proportion par rapport aux deux autres types de saut. Ce saut correspond à une allure de courbe asymptotique signifiant une perturbation de l'environnement forestière de l'animal due au passage de cyclone nommé «Fanele» de la fin de l'année 2009. Ainsi, ces variantes de sauts constituent un facteur d'évaluation de l'état environnemental.

Mots-clés: *Propithecus verreauxi*, saut, allure asymptotique, perturbation de l'habitat, morphométrie.

Razafitsalama S.M.T. 2013. Effets de l'habitation sur le comportement et le régime alimentaire des femelles allaitantes de *Propithecus coquereli* (Grandidier A, 1867) dans le Parc National Ankarafantsika. Mémoire de DEA, en Sciences de la terre et de l'Evolution, Option Paléontologie et évolution biologique, spécialité Primatologie, Département de Paléontologie et d'Anthropologie Biologique, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo.

Des études comportementales et sur le régime alimentaire de deux femelles allaitantes de *Propithecus coquereli* ont été réalisées durant les mois d'Août, Septembre et Octobre 2010 dans le Parc National Ankarafantsika. Nous avons utilisé la méthode de «Focal sampling animal», il s'agit d'une observation instantanée de cinq minutes d'un seul individu. Nous avons procédé à des analyses statistiques pour vérifier la différence significative entre le comportement et le régime alimentaire de ces deux femelles allaitantes de *Propithecus coquereli*. Même si ces deux femelles appartiennent au même genre, des différences s'observent. Pour le rythme d'activités, la femelle allaitante du groupe Mainty se repose plus que la femelle allaitante du groupe Lac. Du point de vue alimentation, elles préfèrent surtout des jeunes feuilles puis des fleurs mais la différence est que la femelle allaitante du groupe Mainty consomme de l'écorce en plus. La femelle allaitante du groupe Mainty consomme 31 espèces végétales tandis que 12 espèces pour celle de Lac. Pour le support, elles utilisent des supports obliques mais la femelle allaitante de Mainty se sert en plus des supports verticaux soit 35% par suite des fréquents déplacements. Quant au port du bébé, la femelle allaitante du groupe Lac a l'habitude de laisser indépendamment son bébé tandis que celle de Mainty le porte très souvent sur son dos. Des différences s'observent aussi sur la hauteur utilisée par les deux femelles allaitantes: la femelle allaitante de Lac utilise beaucoup des plantes à hauteur très élevée. Bref, le Processus d'habitation a des effets sur le comportement, le régime alimentaire, le support utilisé ainsi que le niveau de strate utilisé.

Mots-clés: *Propithecus coquereli*, Parc National Ankarafantsika, Habitation, comportement, Alimentation, Support, Position du bébé.

Razanapary, T.P. 2013. Dynamique sociale du Propithecus couronné (*Propithecus coronatus*, Milne Edward, 1871) dans la forêt sèche de Badrala (Station Forestière à Usage Multiple, Antrema). Mémoire de DEA, Formation Doctorale en Sciences de la vie, Option Biologie, Ecologie et Conservation Animales, Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo.

Une étude sur la population des *Propithecus coronatus* dans la forêt de Badrala dans la forêt sèche, dans le nord ouest a été conduit pendant deux périodes de la saison sèche du mois d'avril au juin et du juillet au septembre 2011. Ces deux périodes correspondent au temps de gestation et de naissance pour cette espèce. Le nombre de groupe et des individus à Badrala ont été comptés pour avoir la densité. Quatre de ces groupes ont été suivis et la durée de suivie a été équilibrée à un total de 1140 heures. Tous les individus ont été identifiés et la composition de chaque groupe a été déterminée avant les enregistrements de données sociaux. Le point GPS sont enregistrés tous les 15 minutes avec la méthode de scan sampling ou instantaneous focal sampling; les distances entre les individus sont aussi enregistrés tous les 5 minutes avec le scan. Les données sur les comportements sociaux ont été enregistrées avec la méthode de continuous focal sampling et ad libitum sampling. Toutes les manipulations ont été effectuées du 06h00 à 18h00. Les analyses de données sociales sont faites avec le logiciel Ucinet 6.0, ce dernier pourrait visualiser la hiérarchie entre les individus

et les interactions sociales avec des sociogrammes. Les affinités entre les individus sont déterminés à partir de la distance interindividuelle (contact, proximité <2m). La densité de *P. coronatus* à Badrala atteint au moins 263 individu/km². Le temps alloué au comportement social est significativement différent le long de la saison sèche ($X^2=8.2$; $p<0.0001$) et une grande différence entre la fréquence de la relation sociale dans chaque groupe a été également trouvée pendant les deux périodes. Cette étude rapporte également que les adultes femelles sont plus agressives que les mâles ($X^2=69.5$; $p<0.001$) et que les femelles reçoivent plus de toilettage ($X^2=43.6$; $p<0.001$). En utilisant encore la fréquence, chaque groupe est conduit par une femelle. Les individus dans chaque sont fréquemment distants de 2m mais il existe un certain lien d'affinité entre eux. Ce lien dépend probablement de l'état reproductif de la femelle. Globalement, le lien d'affinité augmente pendant la seconde période. Le domaine vital des sifakas varie de 2.5 ha (pendant la période 1) à 5ha (pendant la période 2). Cette variation pourrait être due à la recherche de la nourriture et à la distribution des ressources.

Mots-clés: *Propithecus coronatus*, saison sèche, social, comportement, interaction, Antrema, nord-ouest, Madagascar.

Rina, E.M. 2013. Manual lateralization and paw usage in two lemur species. Option Zoologie. Faculté des sciences de Technologie et de l'Environnement, Université de Mahajanga.

In humans, 90% of the population is right handed. Although population hand preference has been found in some primate species, the evolution of manual lateralization in primates is not yet clear. To gain insight into manual lateralization and paw usage of ancestral primates, we studied and compared a diurnal and terrestrial lemur quadruped, *Lemur catta*, with a cathemeral and arboreal lemur, *Eulemur albifrons*, lemurs living in captivity and semi-captivity in the botanical and zoological park of Tsimbazaza. We tested 14 *Lemur catta* and 16 *Eulemur albifrons*. Measures of hand preference and paw usage were taken. Both species showed manual lateralization and paw usage at a population level. *Lemur catta* showed stronger individual hand preferences and paw usage than *Eulemur albifrons*. During the feeding time, the mouth usage depends on the size of the food.

Keywords: manual lateralization, paw usage, *Lemur catta*, *Eulemur albifrons*, evolution, primates.

Sehenomalala, N.C. 2013. Activités sociales de *Lemur catta* pendant la saison d'accouplement dans la réserve privée de Berenty. Mémoire de DEA, Option Paléontologie et évolution biologique, spécialité Primatologie, Département de Paléontologie et d'Anthropologie Biologique. Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo.

La majorité des Primates passe leur vie dans un groupe social dans lequel un degré élevé de communication entre les individus membres se manifeste. Diverses concurrences intra et intergroupes renforcent les plans reproductifs et territoriaux. Nous avons mené une étude de comportement social de *Lemur catta* dans la forêt galerie de Malaza, Berenty pour connaître la compétition sociale durant la saison d'accouplement: avril jusqu'à juin 2012. «Focal sampling» et «ad libitum sampling» ont été utilisées pour collecter les données spécifiques des sept (7) adultes mâles et treize (13) adultes femelles provenant de trois groupes. Les résultats obtenus ont montré que les mâles sont plus actifs du point de vue social par rapport aux femelles ($F=8.596$, $P=0.004$). Cependant, l'agression intragroupe faite par les femelles est significativement plus grande que celui des mâles ($F=1.192$, $P<0.0001$); l'agression intergroupe et la défense territoriale par les marquages sont dominées par les mâles. Les mâles et les femelles effectuent les mêmes fréquences d'agressions ($t=-1.694$, $P=0.098$) durant la compétition intra et intergroupe. Les femelles reçoivent les mêmes agressions que les mâles ($F=1.251$, $P=0.267$). Les fréquences des agressions ne diffèrent pas entre la période d'œstrus et post œstrus. Néanmoins, la défense territoriale reste la principale activité des groupes durant la période d'œstrus. Il n'y a pas de corrélation entre la défense territoriale et l'agression ($r=0.095$, $P=0.430$). Bref, l'activité sociale de *Lemur catta* à Berenty pendant la saison de reproduction est principalement marquée par les compétitions intra et inter groupe ainsi que les marquages territoriaux.

Mots-clés: *Lemur catta*, défense territoriale, agression, accouplement, Berenty.

Solofondranohatra, J.S. 2014. Écoéthologie d'une femelle de *Daubentonia madagascariensis* dans la Forêt Classée de Kianjavato, Sud-est de Madagascar. Mémoire de DEA en Paléontologie et Evolution Biologique, Primatologie, Département de Paléontologie et d'Anthropologie Biologique, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, Madagascar.

Comparée avec d'autres espèces de lémuriens, *Daubentonia madagascariensis* est parmi les moins étudiées. Notre étude est basée sur l'écoéthologie d'une Aye-aye femelle, dans la forêt de Kianjavato, au Sud-est de Madagascar de Juillet 2012 à Mai 2013.

Plusieurs méthodes ont été utilisées: la «radio tracking» et le «focal animal sampling» pour déterminer les activités de l'animal; la méthode de Gautier et autres pour décrire l'habitat, et la méthode du «Minimum Convex Polygon» pour estimer la taille du territoire.

Les résultats montrent que l'Aye-aye est un animal très actif. Il consacre 80% de son temps à s'alimenter et à se déplacer. Il ne se repose que pendant un temps très minime (4.73%). Une variation saisonnière au niveau de la fréquence des activités sociales et de la vocalisation a été constatée.

Larves et insectes constituent la nourriture principale de l'animal occupant respectivement 40.62% et 19.41%, complétée par des graines de *Canarium* spp. et du nectar de *Ravensala madagascariensis*. La fréquence de consommation des larves reste constante durant toute l'année ($\approx 40\%$) tandis que celle des autres varie en fonction de la saison.

Le territoire de l'Aye-aye femelle recouvre une superficie de 600 ha durant une année (2012). L'animal a une préférence dans l'utilisation de son habitat malgré la flexibilité de cette espèce en termes d'habitat. Il occupait 39 nids qu'il a construit au niveau d'une fourche, ou dans un enchevêtrement de liane sur une hauteur moyenne de 15 m qu'il occupe en moyenne durant 3 jours.

Mots-clés: lémurien nocturne, *Daubentonia madagascariensis*, activités, écologie, Kianjavato, Madagascar.

Spiral, G.J. 2012. Evolution temporelle et spatiale des lémuriformes, leur état de conservation et leur devenir. Mémoire d'HDR, Formation doctorale en Sciences de la Terre et de l'évolution, Option Paléontologie et Evolution Biologique (Primatologie), Département de Paléontologie et d'Anthropologie Biologique, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo.

Les lémuriens de Madagascar ont fait, depuis longtemps, l'objet de très nombreuses recherches. Aussi évidentes que soient les données disponibles en matière d'anatomie, de morphologie, de physiologie, d'écologie, d'éthologie...etc..., l'une des plus flagrantes lacunes de nos connaissances sur ces animaux est souvent le manque d'information de base sur leur distribution géographique et leur statut de conservation.

Ainsi, à partir des données de terrain récoltées depuis quelques années que nous disposons, notre ambition est d'essayer d'apporter quelques compléments d'informations voire quelques éclaircissements sur certains points concernant l'évolution de la répartition spatiale et temporelle des Lémuriformes aussi bien fossiles qu'actuels.

Il a été constaté que si dix sept espèces ont définitivement disparu de la grande île, le nombre d'espèces de lémuriens actuels n'a cessé d'augmenter ces dernières années. Cependant, étant tous des formes forestières, leur survie et leur pérennisation dépendent étroitement de l'état des forêts. La dégradation effrénée de la couverture forestière dont les causes sont multiples risque de compromettre l'évolution diversifiant de ce taxon.

Les conséquences alarmantes de ce phénomène pèsent sur la nation toute entière et ne font qu'hypothéquer le développement du pays. A cet égard, des mesures proposées et urgentes de protection et de préservation doivent figurer parmi les priorités régionales ou nationales pour réparer au moins partiellement les dégâts constatés et assurer un avenir meilleur aux générations futures.

Mots-clés: evolution, répartitions, lémuriens, devenir, forêts, dégradations, facteurs, impacts, conservation.

Guidelines for authors

Lemur News publishes manuscripts that deal largely or exclusively with lemurs and their habitats. The aims of *Lemur News* are: 1) to provide a forum for exchange of information about all aspects of lemur biology and conservation, and 2) to alert interested parties to particular threats to lemurs as they arise. *Lemur News* is distributed free of charge to all interested individuals and institutions. To the extent that donations are sufficient to meet production and distribution costs, the policy of free distribution will continue. Manuscripts should be sent to one of the editors electronically (see addresses for contributions on the inside front cover). *Lemur News* welcomes the results of original research, field surveys, advances in field and laboratory techniques, book reviews, and informal status reports from research, conservation, and management programs with lemurs in Madagascar and from around the world. In addition, notes on public awareness programs, the availability of new educational materials (include the name and address of distributor and cost, if applicable), and notification of newly published scientific papers, technical reports and academic theses are all appropriate contributions. Readers are also encouraged to alert *Lemur News* to pertinent campaigns and other activities which may need the support of the lemur research and conservation community. Finally, *Lemur News* serves as a conduit for debate and discussion and welcomes contributions on any aspect of the legal or scientific status of lemurs, or on conservation philosophy.

Manuscripts should be in English or French, double spaced with generous margins, and should be submitted electronically in Word (*.doc or *.docx) or rich text format (*.rtf). They should generally be 1-8 pages long, including references and figures. Submissions to the "Articles" section should be divided into Introduction, Methods, Results and Discussion and should include a list of 4-6 key words. Short reports and other submissions do not need subheadings or key words. Ideally, English articles should include a French abstract and vice versa. Articles should include a map of the area discussed, including all major locations mentioned in the text. Macros, complex formatting (such as section breaks) and automatic numbering as provided by text processing software must be avoided. The corresponding author's affiliation and full address must be provided, including e-mail and telephone number. For all other authors, affiliation and address should be provided. Use superscript numerals for identification. Tables should include concise captions and should be numbered using roman numerals. Please give all measurements in metric units. Please accent all foreign words carefully.

Maps should always be made as concise as possible and should include an inset showing the location of the area discussed in relation to the whole of Madagascar.

Photographs: Black-and-white photographs are ideal. Color photographs are acceptable if they can be printed in greyscale without losing any of the information that they are supposed to convey. Please send only sharply-focused, high quality photographs. Please name each file with the photographer credit and the number of the identifying caption (e.g. "Schwitzer_Fig.1"). We are always interested in receiving high quality photographs for our covers, especially those of little known and rarely photographed lemurs, even if they do not accompany an article.

All figures should include concise captions. Captions should be listed on a separate sheet, or after the References section of the manuscript. Subtle differences in shading should be avoided as they will not show up in the final print. Maps, photographs and figures should be sent electronically in any one of the following formats: EMF, GIF, TIFF, JPG, BMP, XLS. Please name all files with the name of the first author of the manuscript to which they belong. Do not send figures embedded in the text of the manuscript.

References: In the text, references should be cited consecutively with the author's surname and year of publication in brackets (e.g. Schwitzer *et al.*, 2010; Kaumanns and Schwitzer, 2001). The reference list should be arranged alphabetically by first author's surname. Examples are given below.

Journal article

Ranaivoarisoa, J.F.; Ramanamahefa, R.; Louis, Jr., E.E.; Brenneman, R.A. 2006. Range extension of Perrier's sifaka, *Propithecus perrieri*, in the Andriamafana Classified Forest. *Lemur News* 11: 17-21.

Book chapter

Ganzhorn, J.U. 1994. Les lémuriens. Pp. 70-72. In: S.M. Goodman; O. Langrand (eds.). Inventaire biologique; Forêt de Zombitse. Recherches pour le Développement, Série Sciences Biologiques, n° Spécial. Centre d'Information et de Documentation Scientifique et Technique, Antananarivo, Madagascar.

Book

Mittermeier, R.A.; Konstant, W.R.; Hawkins, A.F.; Louis, E.E.; Langrand, O.; Ratsimbazafy, H.J.; Rasoloarison, M.R.; Ganzhorn, J.U.; Rajaobelina, S.; Tattersall, I.; Meyers, D.M. 2006. Lemurs of Madagascar. Second edition. Conservation International, Washington, DC, USA.

Thesis

Freed, B.Z. 1996. Co-occurrence among crowned lemurs (*Lemur coronatus*) and Sanford's lemur (*Lemur fulvus sanfordi*) of Madagascar. Ph.D. thesis, Washington University, St. Louis, USA.

Website

IUCN. 2008. IUCN Red List of Threatened Species. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 21 April 2009.

Call for voluntary contributions

As most readers of *Lemur News* are certainly aware, fundraising has become more difficult. We will continue to distribute *Lemur News* free of charge to all interested individuals and institutions. However, we would like to ask subscribers for voluntary contributions to cover production costs. Please contact one of the editors for information on how to make contributions.

Drawing by Stephen D. Nash



TABLE OF CONTENTS

Editorial	1	Effet du microclimat et de la disponibilité alimentaire sur la répartition de <i>Eulemur rufifrons</i> dans la forêt humide du Parc National Andringitra <i>Andry Rajaonson, Spiral Germain Jules, Soanorolalao Ravelonjanahary, Jonah Ratsimbazafy</i>	30
News and Announcements	1	Activity budgets, feeding and habitat preferences and home range size of Verreaux's sifaka (<i>Propithecus verreauxi</i>) <i>Louise Wilson, Barry Ferguson</i>	34
Short Communications		Distribution and abundance of three cheirogaleid species in Menabe Central, western Madagascar <i>Livia Schäffler, Peter M. Kappeler</i>	38
Preliminary data on population density and habitat use of <i>Lepilemur tymerlachsonorum</i> in Lokobe National Park <i>Millan Bederu</i>	2	L'éducation environnementale pour la conservation de <i>Prolemur simus</i> dans les villages environnant la forêt de Vohibe, District de Mahanoro, Madagascar <i>Laingoniaina Herifito Fidèle Rakotonirina, Christelle Chamberlan</i>	43
Association of a giant coua and southern bamboo lemurs in Mandena <i>Timothy M. Eppley, Giuseppe Donati, Jörg U. Ganzhorn</i>	4	Prévision de la distribution des espèces de lémuriers du Parc Naturel Makira face aux changements climatiques, implication pour la conservation <i>D. Rasolofson, O. Rakotonirainy, T. Rasolofoharivelo, H. Andrianandrasana, G. Rakotondratsimba, R. Ralisoamalala, J. Ratsimbazafy</i>	48
Further evidence of raptor predation on nocturnal lemurs: remains collected from a nest of the Madagascar Goshawk (<i>Accipiter henstii</i>) <i>Steven M. Goodman, Marius P.H. Rakotondratsima, Lily Arison René de Roland</i>	5	Abundance of five nocturnal species and the influence of habitat characteristics in the littoral forest of Tampolo, northeast Madagascar <i>Rachel Blow, Jessica Fisher, Camilla Blasi Foglietti, Donna Wintersgill, Rachel Cornfoot, Robert Gré du Haut Razafindrakoto, Herman Anicet Tsiafa, Raymond Steve Gerard Andriatahinjanahary, Barry Ferguson, Joel Ratsirarson</i>	52
Densité de la population de <i>Lepilemur mittermeieri</i> dans la région d'Ampasindava (Nord-Ouest de Madagascar) <i>Tantely N. Ralantoharijaona, Aubin Besolo, Clément J. Rabarivola, Christoph Schwitzer, Jordi Salmons</i>	7	Sahanambolena: un nouveau site pour <i>Prolemur simus</i> dans le Corridor d'Ankeniheny-Zahamena, Madagascar <i>Lucien Randrianarimanana, Maholy Ravaloharimanitra, Tony King</i>	57
Female dominance in <i>Propithecus coronatus</i> over the dry season in the dry forest of Antrema, northwest Madagascar <i>Patrick Tojotanjona Razanaparany, Claire Pichon, Lydia Rabetafika, Françoise Bayart, Jonah Ratsimbazafy</i>	10	Etude des parasites intestinaux chez <i>Propithecus verreauxi</i> (Grandidier, 1867) avant et après la période de mise bas <i>Ravakinia V. Rambeloson, Jeanne Rasamy Razanabolana, Peter M. Kappeler</i>	61
A search for the missing sportive lemurs of Nosy Komba, northwest Madagascar <i>Sam Hyde Roberts, Charlotte Daly</i>	13	Etude et conservation du grand hapalémur (<i>Prolemur simus</i>) aux alentours de la forêt d'Andriantantely <i>Hery N. T. Randriahaingo, Maholy Ravaloharimanitra, H. L. Lucien Randrianarimanana, Christelle Chamberlan, Jonah Ratsimbazafy, Tony King</i>	67
Daraina sportive lemur (<i>Lepilemur milanoii</i>) density and population size estimates in most of its distribution range: the Loky-Manambato region <i>Jordi Salmons, Tantely Ralantoharijaona, Ibouroi Mohamed Thani, Ando Rakotonanahary, Radavison Zaranaina, Fabien Jan, Emmanuel Rasolondraibe, Mélanie Barnavon, Angelika Beck, Sébastien Wohlhauser, Patrick Ranirison, John Rigobert Zaonarivelo, Clément Rabarivola, Lounès Chikhi</i> ...	16	Estimation des densités et tailles de population du Microcèbe Roux du Nord de (<i>Microcebus tavaratra</i>) dans la région Loky-Manambato (Daraina) <i>Jordi Salmons, Ando Rakotonanahary, Ibouroi Mohamed Thani, Radavison Zaranaina, Tantely Ralantoharijaona, Fabien Jan, Emmanuel Rasolondraibe, Mélanie Barnavon, Angelika Beck, Sébastien Wohlhauser, Patrick Ranirison, John Rigobert Zaonarivelo, Clément Rabarivola, Lounès Chikhi</i>	73
An extensive case of allonursing in wild ringtailed lemurs (<i>Lemur catta</i>) <i>Anna Viktoria Schnoell</i>	20	Funding and Training	76
Rapid assessment of lemur species in Anabohazo Forest, Sahamalaza – Iles Radama National Park <i>Guy Randriatahina, Fano Ratsoavina, Sylviane Volampeno, Christoph Schwitzer</i>	22	Theses Completed	76
Articles			
Possible role of secondary compounds in determining feeding choices of collared brown lemur females (<i>Eulemur collaris</i>): avoidance, self-medication or just availability? <i>Michela Balestri, Marco Campera, Valentina Serra, Marta Barresi, Jean-Baptiste Ramanamanjato, Giuseppe Donati</i> ..	24		
The presence of diurnal lemurs and human-lemur interactions in the buffer zone of the Ankarana National Park <i>Haley R. Gilles, Kim E. Reuter</i>	27		