



LEMUR NEWS

The Newsletter of the Madagascar Section
of the IUCN SSC Primate Specialist Group
Volume 20, 2017



LEMUR NEWS

The Newsletter of the Madagascar Section of the IUCN SSC Primate Specialist Group
Volume 20, 2017 ISSN 1608-1439



Senior Editor

Christoph Schwitzer, Bristol Zoological Society, Bristol, UK

Editors

Fay Clark, Bristol Zoological Society, Bristol, UK

Osiris Doumbe, Bristol Zoological Society, Bristol, UK

Claudia Fichtel, German Primate Center, Göttingen, Germany

Jörg U. Ganzhorn, University of Hamburg, Germany

Steig Johnson, University of Calgary, Calgary, Canada

Tony King, The Aspinall Foundation, Port Lympne, UK

Vanessa Mass, VMC Environment Inc., Toronto, Canada

Jonah H. Ratsimbazafy, GERP, Antananarivo, Madagascar

M. Sylviane N. Volampeno, Mikajy Ntiora, 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 Chairs Anthony B. Rylands, Conservation International, Arlington, VA, USA, and Christoph Schwitzer, Bristol Zoological Society, Bristol, UK

Vice Chairs – Section on Great Apes Elizabeth J. Macfie, Duns, Scotland, UK, and Serge Wich, Liverpool John Moores University, Liverpool, UK

Vice Chair – Section on Small Apes Susan M. Cheyne, CIMTROP, Palangka Raya, Central Kalimantan, Indonesia

Regional Vice Chairs – Neotropics

Mesoamerica – Liliana Cortés-Ortiz, University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA

Andean Countries – Erwin Palacios, Conservación Internacional Colombia, Bogotá, Colombia, Eckhard W. Heymann, Deutsches Primatenzentrum, Göttingen, Germany, Fanny M. Cornejo, Stony Brook University, New York, USA, and Stella de la Torre, Universidad San Francisco de Quito, Quito, Pichincha, Ecuador

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, Maurício Talebi, Universidade Federal de São Paulo, Diadema, São Paulo, Brazil, and Leandro Jerusalinsky, Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Primatas Brasileiros, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Ministério do Meio Ambiente, Joao Pessoa, Paraíba, Brazil

Regional Vice Chairs – Africa

Inza Koné, Centre Suisse de Recherches Scientifiques, Côte d'Ivoire, Rachel Ikemeh, Niger Delta Forest Project, Abuja, FCT, Nigeria, David Osei, West African Primate Conservation Action, Ghana, and Janette Wallis, University of Oklahoma, Oklahoma, OK, USA

Regional Vice Chairs – Madagascar

Christoph Schwitzer, Bristol Zoological Society, Bristol, UK, Jonah Ratsimbazafy, GERP, Antananarivo, Madagascar, and Steig Johnson, University of Calgary, Calgary, Canada

Regional Vice Chairs – Asia

China – Baoguo Li, Northwest University, Xi'an, Shaanxi, China

Southeast Asia/Indochina – Christian Roos, Deutsches Primatenzentrum, Göttingen, Germany, Ramesh Boonratana, Mahidol University International College, Salaya, Nakhon Pathom, Thailand, Le Khac Quyet, Hanoi, Vietnam, and Duc Hoang Minh, Southern Institute of Ecology, Ho Chi Minh City, Vietnam

South Asia – Sanjay Molur, Zoo Outreach Organisation, Coimbatore, Tamil Nadu, India, and Dilip Chettry, Primate Research and Conservation Division, Aaranyak, Guwahati, Assam, India

Red List Authority Coordinators

Sanjay Molur, Zoo Outreach Organisation, Coimbatore, Tamil Nadu, India, Christoph Schwitzer, Bristol Zoological Society, Bristol, UK, and Liz Williamson, Stirling University, Stirling, Scotland, UK (Great Apes)

Editorial assistants

Osiris Doumbe, Alison Cotton

Layout

Heike Klensang, Anna Francis

Front cover: Ring-tailed lemurs (*Lemur catta*), foraging in a sisal field in Berenty Private Reserve, South Madagascar. This species is classified as Endangered on the IUCN Red List. © Cyril Ruoso/naturepl.com

Addresses for contributions

Christoph Schwitzer
Bristol Zoological Society
Bristol Zoo Gardens
Clifton, Bristol BS8 3HA
United Kingdom
Email: cschwitzer@bristolzoo.org.uk

Jonah Ratsimbazafy
GERP
34, Cité des Professeurs
Antananarivo 101
Madagascar
Email: jonah@gerp-mg.org

Lemur News online

All 20 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.

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



Editorial

Madagascar continues to be the world's number one hotspot for new primate discoveries, and in my traditional annual update on lemur taxonomic changes I can again list four species that were described since I wrote my last Editorial for *Lemur News* 19. In February 2016, Scott Hotaling and colleagues described three new species of mouse lemur (Hotaling et al., 2016): *Microcebus manitatra* from Ambatotsirongorongo in the Anosy Region, a relatively large mouse lemur in the *M. murinus* species complex; *Microcebus ganzhorni* from the Mandena Forest in the same region, also in the *M. murinus* complex, and aptly named after my predecessor as Senior Editor of *Lemur News*, Jörg Ganzhorn (who still remains a very active member of the newsletter's editorial board), "in honor of his substantial scientific contributions to the understanding of the biology of mouse lemurs (and all lemurs), and his efforts towards their conservation" – very well deserved indeed; and *Microcebus boraha* from the Ikalalao Forest on Nosy Boraha (Isle Sainte Marie), a large mouse lemur that was split off *M. simmonsii*. Finally, in December 2016, Cynthia Frasier and colleagues described *Cheirogaleus shethi*, a very small and lightweight dwarf lemur in the *C. medius* group from Ankarana and the Andrafiarana-Andavakoera Massif in northwest Madagascar (Frasier et al., 2016). The four new species bring the total number of lemur species up to 107, with 111 taxa (species and subspecies). We have certainly not yet seen the end of this wave of new lemur discoveries, so watch this space!

A lot has happened in Madagascar since we published *Lemur News* 19, and it is always difficult to fit all activities and achievements of an entire year into the Editorial of a newsletter that only appears once per annum. This is one reason why we started sending out quarterly e-news to all members of the Primate Specialist Group's Madagascar Section. Kim Reuter has very kindly taken on the task of designing and editing these, and we hope that you are finding them useful. If you are not a member of the PSG Madagascar Section, but would nevertheless like to receive the e-news, please contact Kim (kimeleanorreuter@gmail.com), and of course we are always grateful for your contributions, large or small!

The most important development for lemur conservation during the past year by far was the launch of the 5-year IUCN SOS funding programme to implement the IUCN Lemur Conservation Strategy 2013–2016, which was made possible by the generous support from a private Geneva-based foundation. The PSG Madagascar Section will be working jointly with the SOS Fund on this programme, and we are hopeful that it will deliver a step change for the conservation of the most threatened lemur taxa. We launched the programme with a workshop in Tana in January 2017 (Fig. 1), and the second call for proposals under the SOS Lemurs Special Initiative was issued in February. In order to measure the impact of implementing the various action plans, we will hold a lemur Red List assessment workshop in Tana later this year, and then another one after the end of the programme period.

Last year also saw us employ the first ever Programme Officer of the Primate Specialist Group's Madagascar Section, an achievement made possible by donations from the Croeni Foundation and from an anonymous private donor. Dr Sylviane Volampeno, who is also on the editorial board



Fig. 1: Participants of the IUCN SOS Lemur workshop in Antananarivo in January 2017. (Photo: Simon Bradley/IUCN SOS Fund)

of *Lemur News*, started in this new role in April 2016 and has since seamlessly integrated into the joint SOS/PSG team delivering the aforementioned funding programme for the Lemur Conservation Strategy.

In October 2016, Madagascar and the rest of the world celebrated the third iteration of the World Lemur Festival, meanwhile an annual event that brings together the lemur community and lemur nerds from all over the planet to demonstrate their love of lemurs and raise awareness of the precarious conservation situation that these animals are facing. As in the previous two years, the festival was again spearheaded by the Malagasy primatological group GERP under the skilled and passionate leadership of Jonah Ratsimbazafy.

The IUCN World Conservation Congress in Hawaii in September 2016 marked the beginning of the new IUCN quadrennium 2016–2020. This means that all SSC Specialist Group Chairs get reconfirmed or newly instated, and membership of all groups is reviewed. The Primate Specialist Group has just gone through this process, and I am happy to say that Jonah Ratsimbazafy, Steig Johnson and I will jointly lead the Madagascar Section as Co-Vice Chairs for another four years. Steig, who was previously our Deputy Vice Chair, has also joined the editorial board of *Lemur News*. We will produce a full list of the PSG Madagascar Section members for this quadrennium in the next quarterly e-newsletter.

Over the summer, I read Catherine Corson's book "Corridors of power: The politics of environmental aid to Madagascar" (Corson, 2016). Corson is a former employee of USAID and has also worked in the White House, the US Congress and at the World Bank. Her book provides a most fascinating insight into the history of, and the political decision-making behind, US overseas development aid payments to Madagascar. Corson interviewed a broad range of political and environmental actors, both in the US and in Madagascar, and many of them well-known to those of us who have been working in lemur conservation for more than just a few years. Even though I did not always agree with Corson's conclusions, I nevertheless found her frank, sometimes brutal analysis of the successes and failures of numerous development aid instruments over the decades, and her historical account of the reasons why American ODA funds to Madagascar were mostly spent on establishing protected areas, a very worthwhile read.

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

Christoph Schwitzer

References

- Corson, C.A. 2016. Corridors of power: The politics of environmental aid to Madagascar. Yale Agrarian Studies Series. Yale University Press: 336 p.
- Frasier, C.L.; Lei, R.; McLain, A.T.; Taylor, J.M.; Bailey, C.A.; Ginter, A.L.; Nash, S.D.; Randriamampionona, R.; Groves, C.P.; Mittermeier, R.A.; Louis Jr, E.E. 2016. A new species of dwarf lemur (Cheirogaleidae: *Cheirogaleus medius* group) from the Ankarana and Andrafiomena–Andavakoera Massifs, Madagascar. *Primate Conservation* 30: 59–72.
- Hotelling, S.; Foley, M.E.; Lawrence, N.M.; Bocanegra, J.; Blanco, M.B.; Rasoloarison, R.; Kappeler, P.M.; Barrett, M.A.; Yoder, A.D.; Weisrock, D.W. 2016. Species discovery and validation in a cryptic radiation of endangered primates: coalescent-based species delimitation in Madagascar's mouse lemurs. *Molecular Ecology* 25: 2029–2045. doi:10.1111/mec.13604

News and Announcements

Update on the management of the Park Bandro and population numbers of *Hapalemur alaotrensis*

Park Bandro constitutes a special conservation zone of 85 hectares within the larger New Protected Area (IUCN category V) at Lake Alaotra. It was established in 2004 by the local community association (VOI) from Andreba, with support from Durrell Wildlife Conservation Trust (DWCT) and Madagascar Wildlife Conservation (MWC). In 2013, Ratsimbazafy *et al.* estimated a sub-population of more than 170 Alaotra gentle lemurs (*Hapalemur alaotrensis*, vernacular name bandro) in the park. Our recent reassessment of park boundaries revealed that only 43 hectares of the original park remain. Almost 20 hectares have been “deforested” in the boundary area, and in the middle of the park, an additional 23 hectares have been turned into off-season rice plantations. Here we adjust the *Hapalemur alaotrensis* sub-population estimate within Park Bandro to 40–80 individuals. This estimation is based on the 2-hectare-average territory size of small groups (ca. 2 individuals), and the 5-hectare-average territory size of large groups (ca. 9.5 individuals; Mutschler *et al.*, 2001; Waeber and Hemelrijk, 2003). The last lake-wide census from 2005 reported 2,500 individuals (Ralainasolo *et al.*, 2006); if a high conservation zone such as Park Bandro has been undergoing such substantial changes, it is likely that the total *H. alaotrensis* population around Lake Alaotra is now well below 2,000 individuals. Management activities in Andreba currently focus on the assessment of the VOI, which has not been done since its creation in 2004. Together with the official local Park Bandro tour guides association, Association Guide Bandro Andreba (AGBA), and MWC, the new VOI will be responsible to avoid future park infringements. Current conservation activities focus on the restoration of Park Bandro to its former size and clear demarcation of park boundaries; future aims are further to reconnect the lemur groups in the park with other *H. alaotrensis* sub-populations.

To increase the linkage between *H. alaotrensis* conservation and community engagement in marshland protection, tourists can overnight at Camp Bandro and enjoy a guided boat trip to see the Alaotra gentle lemur. This eco-tourism project is based on the collaboration between MWC, VOI, and AGBA. The revenues support community projects and

maintenance of the conservation zone. Booking of a bungalow and Park Bandro visit can be done through Mme Lucile Raveloarimalala (MWC coordinator) +261 341014760, or via info@madagascar-wildlife-conservation.org. For updates on the conservation and management efforts, or community support, please contact Lucile Raveloarimalala or Lena Reibelt (reibelt.lena@gmail.com).

References

- Mutschler, T.; Randrianarisoa A.J.; Feistner A.T.C. 2001. Population status of the Alaotran gentle lemur *Hapalemur griseus alaotrensis*. *Oryx* 35: 152–157.
- Ralainasolo, F.B.; Waeber, P.O.; Ratsimbazafy, J.; Durbin, J.; Lewis, R. 2006. The Alaotra gentle lemur: Population estimation and subsequent implications. *Madagascar Conservation & Development* 1(1): 9–10.
- Ratsimbazafy, J.R.; Ralainasolo, F.B.; Rendigs, A.; Mantilla-Contreras, J.; Andrianandrasana, H.; Mandimbihasina, A.R.; Niev-ergelt, C.M.; Lewis, R.; Waeber, P.O. 2013. Gone in a puff of smoke? *Hapalemur alaotrensis* at great risk of extinction. *Lemur News* 17: 14–18.
- Waeber, P.O.; Hemelrijk, C.K. 2003. Female dominance and social structure in Alaotran gentle lemurs. *Behaviour* 140(10): 1235–1246.

Book presentation – Présentation de livre

The Missing Lemur Link – An Ancestral Step in the Evolution of Human Behaviour

Cambridge University Press:

www.cambridge.org/9781107016088

Authors - Auteurs: Ivan Norscia, Elisabetta Palagi

Opening message – Message d'ouverture: Jane Goodall

Preface - Préface: Alison Jolly and Ian Tattersall

Afterword - Épilogue: Michael Huffman

Box contributors (in alphabetical order) – Contributeurs des sections spéciales (en ordre alphabétique): Elsa Addessi, Filippo Aureli, Mark Bekoff, Giada Cordoni, Takeshi Furuichi, Asif Ghazanfar, Lisa Gould, Brian Hare, Eckhard Heymann, James Higham, Fabien Génin, Ipek Kulahci, Rebecca Lewis, Evan MacLean, Judith Masters, Sergio Pellis, Paolo Pelosi, David Puts, Cary Roseth, Katie Slocombe, Karen Strier, Bernard Thierry, Peter Verbeek, Elisabetta Visalberghi, Bridget Waller.

SBEA

CAMBRIDGE STUDIES IN BIOLOGICAL AND EVOLUTIONARY ANTHROPOLOGY

The Missing Lemur Link

An Ancestral Step in the Evolution of Human Behaviour

IVAN NORSCIA AND ELISABETTA PALAGI



Synopsis: Lemurs share a common distant ancestor with humans. Following their own evolutionary pathway, lemurs provide the ideal model to shed light on the behavioural traits of primates including conflict management, communication strategies and society building and how these aspects of social living relate to those found in the anthropoid primates. Adopting a comparative approach throughout, lemur behaviour is cross-examined with that of monkeys, apes and humans. This book reviews and expands upon the newest fields of research in lemur behavioural biology, including recent analytical approaches that have so far been limited to studies of haplorrhine primates. Different methodological approaches are harmonised in this volume to break conceptual walls between both primate taxa and different disciplines. Through a focus on the methodologies behind lemur behaviour and social interactions, future primate researchers will be encouraged to produce directly comparable results.

Lémuriens: le chaînon manquant pour comprendre l'évolution du comportement humain.

Les lémuriens partagent avec les humains un lointain ancêtre commun. Suite à leur propre parcours évolutif, les lémuriens fournissent le modèle idéal pour faire la lumière sur les caractéristiques du comportement des primates, y compris la gestion des conflits, les stratégies de communication et la construction de la société et sur la façon dont ces aspects de la vie sociale se rapportent à ceux qui ont été observés dans les primates anthropoïdes. En utilisant une approche transversale, le comportement de lémurien est comparé avec ce des grandes singes, des singes et des humains. Ce livre révisé et développe les nouveaux champs de recherche dans le domaine de la biologie du comportement des lémuriens, y compris des nouvelles approches analytiques qui ont été jusqu'à ce moment appliqués seulement aux études sur les primates haplorrhines. Les différentes approches méthodologiques sont harmonisées dans ce volume pour briser les murs conceptuels qui existent à la fois entre les taxons des primates et entre les différentes disciplines. Grâce à une mise au point sur les méthodologies utilisées pour étudier le comportement des lémuriens et ses interactions sociales, les primatologues qui s'occupent de lémuriens seront encouragés à produire des résultats directement comparables avec ces obtenus sur les autres groupes de primates.

Priceless ecosystems threatened by a rare earth mining project in northwest Madagascar – Ampasindava Peninsula

Leslie Wilmet^{1,2*}, Pierre Devillers², Roseline C. Beudels Jamar²

¹University of Liège - Gembloux Agro-Bio Tech, BIOSE Department, Forest Management Resources axis, Passage des Déportés, 2. B.5030 – Gembloux, Belgium

²Conservation Biology Unit, OD Nature, Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Rue Vautier, 29 1000 Brussels, Belgium

*Corresponding author: leslie.wilmet@hotmail.com

Madagascar is one of the richest biodiversity hotspots on the planet. The diverse tropical and subtropical climates of the island, its topography and geological history have produced a unique level of species diversity and endemism. The Ampasindava Peninsula, located in the Diana region of

north-western Madagascar, about 40 km south of Ambanja city along the coast of the Mozambique Channel, shelters highly original ecosystems. The climatic parameters of the peninsula are more similar to those of the humid and sub humid areas of the east coast of the island than to those of the rest of the west coast, where much drier conditions prevail. Thus, isolated and distinctive sub humid and humid forests and mangroves have developed. Consequently, botanical and zoological endemism is high on the peninsula, including among mammals, such as the little-studied *Lepilemur mittermeieri*, classified as Endangered (IUCN, 2016). The density of marine mammals in the waters surrounding the peninsula is also very high and some very rare species, such as *Balaenoptera omurai*, have been recorded from the area. The forest cover on the Ampasindava Peninsula is highly fragmented and the remaining forest patches are under varying levels of anthropic pressure and disturbance. The largest forest fragments of the peninsula are located on two mountains: Andranomatavy and Ambohimirahavavy, both covered with primary forest.

A few years ago, the peninsula was selected as an area of special interest for biodiversity through the "Managed Resources of Protected Areas" project (MRPA) elaborated by the United Nations Development Program and the GEF (Global Environment Facilities). In 2014 a New Protected Area was established on the peninsula, providing protection to an area of 150 675 ha of forest managed by Missouri Botanical Garden. It thus seemed that the destruction of the ecosystems of the Ampasindava Peninsula had been halted and the future of their flora and fauna secured. However, this unique natural heritage is now gravely threatened by a rare earth mining project.

Rare earth elements (REEs) are defined as a group of 17 elements comprising Yttrium, Scandium and 15 lanthanides. They are essential for the manufacturing of high-technology products and devices including solar cells and wind turbines and have applications in defence, aerospace, medical, automotive and energy industry. Lately, the demand of such elements has considerably increased and the global market of REE-based products is very lucrative (Dutta, 2016). REEs occur in geological deposits in combination with other materials. The extraction process is very expensive and involves extensive habitat destruction. Two methods exist; 1) mountaintop mining and heap leaching techniques or 2) *in-situ* leaching. The second method is the one currently in use in Ampasindava Peninsula. Leaching holes with a diameter of 0.8 m and a depth of 1.53 m are dug every 2 or 3 m and a sodium chloride or ammonium sulfate solution is injected in the underground to dissolve the ore and extract the REEs. Both REE extraction methods involve the clearing off of vegetation, the emission of polluted dusts and, the production of drilling slurry and tailings that have to be disposed of on other surfaces (Jin Yang, 2016). Many studies have already shown the highly negative impact of REE mining on environmental and human health. Surface/mountaintop mining and *in-situ* leaching both involve the irreversible destruction of natural ecosystems. Negative effects on human health continue to appear after the mine-site has ceased to be exploited. Such a process involves important changes in topography, tree cover, and soil compaction leading to severe soil erosion, water and air pollution, ecosystem and biodiversity loss (Jin Yang, 2016).

In Madagascar, first investigations were carried out by a German company, Tantalus Rare Earth AG (TRE AG), in 2008 and the results were, according to their words, "exceptionally promising" (www.tre-ag.com/). In 2012 a first permit of exploitation was delivered. In 2015, a new permit was de-

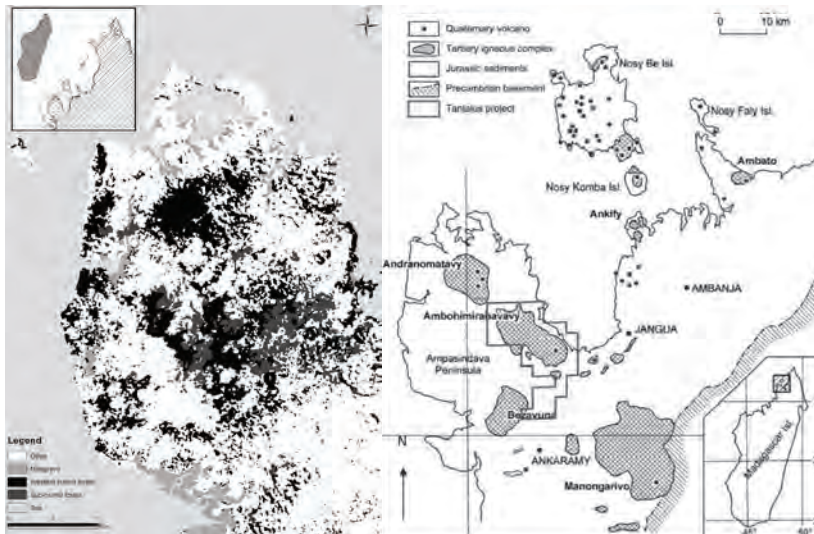


Fig. 1: On the left: Ampasindava forest cover. On the right: map of the simplified geological setting of north-west Madagascar and the TREM project in the red shape (Ganzeev and Grechischev, 2003).

livered to the Tantalum Rare Earth Malagasy project (TREM project), TREM being a subsidiary of Tantalum Holding Ltd (Mauritius). The company quietly started the Tantalum Rare Earth Malagasy project on the Ampasindava Peninsula and in 2016 a special assembly decided to sell part of the shares of Tantalum to Apphia Minerals SOF PTE Ltd, a Singapore company. The TREM project concerns 300 km² of the east part of the peninsula, where the primary forest of the Ambohimarahavy mountain is situated (Fig. 1). The company maintains that all measures will be taken to keep the physical impact of the project to a minimum and indicates that detailed environmental impact studies will be conducted. As forest fragmentation and human pressures are already high on the Ampasindava Peninsula, what remains of this unique ecosystem is very fragile. Although the TREM project encompasses only a part of the peninsula, its area of influence will be large and will include key areas for the Malagasy biodiversity. Environmental effects of REE mining are known to have been disastrous where they have been analysed. These facts justify considerable concern about the possible impact of the TREM project. They require impact studies conducted with the greatest seriousness, total independence from lobbies, wide and transparent consultation and attention to all parameters. They must define the mitigation measures that need to be taken and evaluate whether the necessary respect of environmental constraints is compatible with the economic feasibility of the project.

Local communities and civil society of the Diana region are currently opposed to the project. They are very active through several organizations such as CRADD-OI, a Malagasy organization, and the collective TANY, based in Paris. Several members of both organizations live in Madagascar all around the area concerned as well as on Nosy Be Island. They are concerned by the impact of the TREM project on the marine and terrestrial ecosystems as well as on the lifestyle of local people, in particular fishermen and crop farmers. They consider that the REE project will not only negatively affect the environment and the local communities, but also undermine the beneficial actions of the new Protected Area and harm ecotourism projects on the peninsula. They feel that the local people will be negatively affected by the project in the long term and may not benefit at all from the income generated by the exploitation. They

hope to be heard by decision-makers in government, by NGOs and by the international conservation community. They demand strong and reliable risk identification of the TREM project, appropriate mitigation measures commensurate to the risk and a transparent process in each phase.

The marine and terrestrial ecosystems of the Ampasindava Peninsula are priceless. The future of such a hotspot of biodiversity should attract the attention of the international conservation community. The peninsula should receive serious support to help secure its conservation.

References

- Dutta, T.; Kim, K.H.; Uchimiya, M.; Kwon, E.E.; Jean, B.-H.; Deep, A.; Yun, S.-T. 2016. Global demand for rare earth resources and strategies for green mining. *Environmental Research* 150: 182-190.
- Jin Yang, X.; Lin, A.; Li, X.-L.; Wu, Y.; Zhou, W.; Chen, Z. 2016. China's ion-adsorption rare earth resources, mining consequences and preservation. *Environmental Development* 8: 131-136.
- Ganzeev A.A.; Grechishchev, O.K. 2003. A new genetic type of rare-metal alkali granites of Madagascar. *Russian Geology and Geophysics* 44: 539-553.

Short Communications

Hypomelanism among collared brown lemurs (*Eulemur collaris*) in littoral forest fragments

Timothy M. Eppley^{1,2,3*}, Giuseppe Donati³

¹Department of Anthropology, University of Texas, Austin, United States of America

²Biozentrum Grindel, Department of Animal Ecology and Conservation, University of Hamburg, Germany

³Nocturnal Primate Research Group, Department of Social Sciences, Oxford Brookes University, United Kingdom

*Corresponding author: eppleyti@gmail.com

Hypomelanism is characterised by a lack of melanin resulting in either complete or patchy white hair, and often occurs as various levels of congenital pigmentation disorders, e.g. albinism, leucism, and piebaldism (Jehl, 1985; Krecsák, 2008). Whereas albinism affects the entire body including the eyes, leucism may affect the entire body (or only portions of it) excluding the eyes, and piebaldism is a lack of pigmentation in limited parts of the body while presenting normal eye coloration (Abreu *et al.*, 2013). Among primates, hypopigmentation has been observed in spider monkey (*Ateles geoffroyi*; Espinal *et al.*, 2016), golden-mantled howler monkey (*Alouatta palliata*; GD, pers. observ.), black crested mangabey (*Lophocebus aterrimus*; Eppley *et al.*, 2010), western gorilla (*Gorilla gorilla*; Sabater Pi, 1967), bonnet macaque (*Macaca radiata*; Mahabal *et al.*, 2012), and toque macaque (*Macaca sinica*; Fooden, 1979). For lemurs, hypomelanism has been rarely reported, although it is thought that silky si-

faka (*Propithecus candidus*) represent a leucistic species (Patel, 2016). Additionally, an albino male *Eulemur macaco* infant was observed at Ambato Massif in northern Madagascar (Colquhoun, 1993). These anomalous phenotypes may have potential negative effects on the survival of those individuals displaying this physically distinctive morphology. Here we report observations of piebaldism, an unusual phenomenon in lemurs to our knowledge, in wild populations of collared brown lemurs (*Eulemur collaris*).

The following observations were made in study sites along the southeast coast of Madagascar, where a number of isolated littoral forest fragment habitats may potentially obstruct dispersal for many lemur species and lead to genetic bottlenecks (Bollen and Donati, 2006). The protected S9 forest fragment of Sainte Luce (approximately 377 ha) is located about 30 km north of Fort-Dauphin (24°45'S, 47°11'E). In the northern portion of this fragment in 2001, GD observed an adult collared brown lemur with white coloration on the end of its tail. The phenomenon of piebaldism had not been described in *E. collaris*, which has a dark brownish-orange pelage covering its body and tail, while the face is often a mixture of black and gray separated from the body by an orange collar. Two years later, TME made a similar observation in Mandena, a set of two littoral forest fragments and an intersecting littoral swamp of 230 ha (Eppley et al., 2015) 10 km north of Fort-Dauphin (24°95'S, 46°99'E). A female *E. collaris* was reported carrying ventrally a young juvenile with a tail approximately 50% white, providing a second occurrence of piebaldism in collared brown lemurs (Fig. 1).



Fig. 1: Collared brown lemur mother and juvenile, with the latter distinguished by its noticeable white tail, in the Mandena littoral forest.

A multitude of disadvantages exist for individuals with physically distinguishing morphologies, often increasing the potential negative effects on their fitness and survival (Laikre et al., 1996; Caro, 2005). The less cryptic pelage may result in increased predation of hypomelanistic individuals, compared to other conspecifics, due to ease of detection by predators (Caro, 2005). For instance, *Eulemur* sp. are highly vulnerable to aerial predation by Madagascar harrier-hawk (*Polyboroides radiatus*) and Henst's goshawk (*Accipiter henstii*), but also to arboreal/terrestrial predation by fossa (*Cryptoprocta ferox*) (Donati et al., 2007). Furthermore, all forms of hypopigmentation are inherited and its frequency is likely to be affected by environmental factors such as habitat fragmentation and loss (Stevens et al., 1997). As anthropogenic pressure in Madagascar grows and forests become further fragmented (Schwitzer et al., 2014), inbreeding depression

may grow in isolated lemur populations, thus increasing the potential for hypomelanism (Prado-Martínez et al., 2013). In the case of collared brown lemurs, the small population size within littoral forest fragments as well as the barriers represented by the open grassland and rivers have caused a loss of genetic diversity (Bertoncini et al., unpublished data), likely contributing to increased occurrences of hypopigmentation within fragmented populations.

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. We greatly appreciate the assistance and logistical support provided by the Biodiversity team at Rio Tinto QMM, and to Joerg Ganzhorn for his continuous support. We are grateful for the generous financial and in-kind support provided by the American Society of Primatologists, Conservation International's 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

- Abreu, M.S.L.; Machado, R.; Barbieri, F.; Freitas, N.S.; Oliveira, L.R. 2013. Anomalous colour in Neotropical mammals: a review with new records for *Didelphis* sp. (Didelphidae, Didelphimorphia) and *Arctocephalus australis* (Otariidae, Carnivora). *Brazilian Journal of Biology* 73: 185-194.
- Bollen, A.; Donati, G. 2006. Conservation status of the littoral forest of south-eastern Madagascar: a review. *Oryx* 40: 57-66.
- Caro, T. 2005. The adaptive significance of coloration in mammals. *BioScience* 55: 125-136.
- Colquhoun, I.C. 1993. The socioecology of *Eulemur macaco*: a preliminary report. Pp. 11-23. In Kappeler, P. M.; Ganzhorn, J.U. (eds.). *Lemur social systems and their ecological basis*. Plenum Press, New York.
- Donati, G.; Ramanamanjato, J.B.; Ravoahangy, A.M.; Vincelette, M. 2007. Translocation as a conservation measure for a threatened species: the case of *Eulemur collaris* in the Mandena littoral forest, south-eastern Madagascar. Pp. 237-243. In Ganzhorn, J.U.; Goodman, S.M.; Vincelette, M. (eds). *Biodiversity, ecology, and conservation of the littoral ecosystems in southeastern Madagascar*, Tolagnaro (Fort Dauphin). Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- Donati, G.; Kesch, K.; Ndremitdy, K.; Schmidt, S.L.; Ramanamanjato, J.-B.; et al. 2011. Better few than hungry: flexible feeding ecology of collared lemurs *Eulemur collaris* in littoral forest fragments. *PLoS One* 6:e19807.
- Eppley, T.M.; Hickey, J.R.; Nibbelink, N.P. 2010. Observation of albinistic and leucistic black mangabeys (*Lophocebus aterrimus*) within the Lomako-Yokokala Faunal Reserve, Democratic Republic of Congo. *African Primates* 7: 50-54.
- 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, *Hapalemur meridionalis*, in the Mandena littoral forest, southeast Madagascar. *Primates* 52: 7-13.
- Eppley, T.M.; Donati, G.; Ramanamanjato, J.-B.; Randriatafika, F.; Andriamandimbarisoa, L.N.; et al. 2015. The use of an invasive species habitat by a small folivorous primate: implications for conservation. *PLoS One* 10:e0140981.
- Espinal, M.; Mora, J.M.; Ruedas, L.A.; López, L.I.; Marineros, L. 2016. A Case of albinism in the Central American spider monkey, *Ateles geoffroyi*, in Honduras. *Mastozoología Neotropical* 23: 63-69.
- Fooden, J. 1979. Taxonomy and evolution of the *sinica* group of macaques: I. Species and subspecies accounts of *Macaca sinica*. *Primates* 20: 109-140.
- Jehl, J.R. 1985. Leucism in eared grebes in western North America. *The Condor* 87: 439-441.
- Krecsák, L. 2008. Albinism and leucism among European Viperinae: a review. *Russian Journal of Herpetology* 15: 97-102.
- Laikre, L.; Andrén, R.; Larsson H.-O.; Ryman, N. 1996. Inbreeding depression in brown bear *Ursus arctos*. *Biological Conservation* 76: 69-72.

- Mahabal, A.; Rane, P.D.; Pati, S.K. 2012. A case of total albinism in the bonnet macaque *Macaca radiata* (Geoffroy) from Goa. *ZOO's Print* 27: 22-23.
- Patel, E.R. 2016. Synthesis of the silky sifaka's distribution (*Propithecus candidus*). *Madagascar Conservation & Development* 11: 33-35.
- Prado-Martinez, J.; Hernando-Herraez, I.; Lorente-Galdos, B.; Dabad, M.; Ramirez, O.; et al. 2013. The genome sequencing of an albino Western lowland gorilla reveals inbreeding in the wild. *BMC Genomics* 14: 1-7.
- Sabater Pi, J. 1967. An albino lowland gorilla from Rio Muni, West Africa, and notes on its adaptation to captivity. *Folia Primatologica* 7: 155-160.
- Schwitzer, C.; Mittermeier, R.A.; Johnson, S.E.; Donati, G.; Irwin, M.; et al. 2014. Averting lemur extinctions amid Madagascar's political crisis. *Science* 343: 842-843.
- Stevens, G.; Ramsay, M.; Jenkins, T. 1997. Oculocutaneous albinism (OCA2) in sub Saharan Africa: distribution of the common 2.7-kb P gene deletion mutation. *Human Genetics* 99: 523-527.

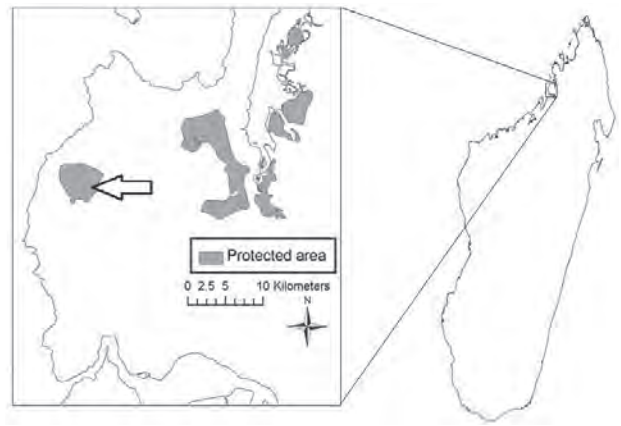


Fig. 1: Map of the study area in the Sahamalaza-Iles Radama National Park, north-west Madagascar. Arrow indicates the Ankarafa Forest.

A case of mobbing observed in two species of nocturnal lemur, *Mirza zaza* and *Lepilemur sahamalazensis* in north-west Madagascar

Isabella Mandl^{1,2*}, Naina Ratsimba Rabemananjara^{3,4}, Andry Ny Aina Rakotomalala⁵, Mahaut Sorlin⁶, Marc Holderied¹, Christoph Schwitzer²

¹University of Bristol, Life Sciences Building, 24 Tyndall Avenue, Bristol BS8 1TQ, United Kingdom

²Bristol Zoological Society, Clifton, Bristol, BS8 3HA, United Kingdom

³Department of Palaeontology, University of Antananarivo, Antananarivo, Madagascar

⁴Groupe d'Etude et de Recherche sur les Primates de Madagascar, 34, Cité des Professeurs, Antananarivo, Madagascar

⁵Department of Entomology, University of Antananarivo, Antananarivo, Madagascar

⁶Université Stendhal, Grenoble 3, Grenoble, France

*Corresponding author: im14850@bristol.ac.uk

One of the anti-predator strategies of primates is mobbing, a behaviour that is broadly characterized by an approach of an animal towards a potential predator, involving alarm calls, rapid movements around the predator and attacks by the mobbing individual (Curio, 1975; Hartley, 1950). This behaviour is displayed across a wide range of taxa. Mobbing is often accompanied by loud vocalisations which can serve to deter the predator and/or attract conspecifics (Crofoot, 2013). Cooperative mobbing, when multiple individuals mob together, has been known to occur in group-living, diurnal lemur species, but recently more observations recount instances of mobbing in nocturnal species that forage solitarily (Eberle and Kappeler, 2008; Schülke, 2001).

Sahamalaza sportive lemurs, *Lepilemur sahamalazensis*, and northern giant mouse lemurs, *Mirza zaza*, share a common habitat in the Ankarafa Forest on the Sahamalaza Peninsula, in the north-west of Madagascar (Fig. 1). Both species are small-bodied, nocturnal and considered solitary foragers (Seiler et al., 2014) and observations of interactions between these two species are rare (person. observation). Although *Mirza* sp. are typically smaller than *Lepilemur* sp., both species may fall prey to the same predators, commonly the fossa, *Cytoprocta ferox*, and the Madagascar harrier hawk, *Polyboroides radiatus*, as well as multiple snake species and some smaller birds of prey.

In April 2016, during nocturnal observations that included the recording of sportive lemur vocalisations, the authors were drawn towards a lengthy vocal display of first a northern giant mouse lemur and shortly afterwards sportive lemurs. Upon approaching the animals, it was easy to distinguish two sportive lemurs, a female and a smaller individual which was assumed to be her young, and a mouse lemur approaching, stretching towards and jumping away from a snake that was identified as *Ithycyphus perineti*. The bigger of the sportive lemurs and the mouse lemur moved rapidly around the snake which was coiled around a branch at about four meters height (Fig. 2). Both lemurs were vocalising frequently, with the young sportive lemur occasionally joining in. *Ithycyphus perineti* shows a clear defensive position when threatened by flattening its neck cobra-like (Glaw and Vences, 2007) as was also displayed by the mobbed individual. The display lasted around 50 minutes in which time two more mouse lemurs approached the snake and joined in the mobbing behaviour, while the first one left shortly afterwards. Additionally, another sportive lemur, a male, briefly joined the mobbing individuals, vocalised four times and then moved away.

None of the lemurs touched or attacked the snake directly, instead circling it often and with rapid movements. *Ithycyphus perineti* are known to prey on lemur infants on the eastern coast of Madagascar (Rabemananjara, pers. comm.). It is also possible that unguarded young *Lepilemur sahamalazensis* and *Mirza zaza* can be preyed upon by this predator.



Fig. 2: A Sahamalaza sportive lemur and a Northern giant mouse lemur approaching a snake during a mobbing bout.

As mouse lemur calls were heard before sportive lemur calls, the authors suggest that the mouse lemur vocalisations attracted the sportive lemurs, although this remains speculation. As Sahamalaza sportive lemurs are able to discriminate between different predator alarm calls of the diurnal blue-eyed black lemurs, *Eulemur flavifrons*, (Seiler et al., 2013) it may however be possible that they are able to extract specific information from mouse lemur vocalisations and be attracted by mobbing calls (Fig. 3). As the vocal repertoire of *Mirza zaza* has not been studied, it is not known whether this species has distinct alarm calls that would be utilized in a mobbing situation. The calls uttered by the sportive lemurs were described by Seiler et al. (2015) as “Ouah” calls. These calls were previously only recorded when an animal was alone and were never answered (Seiler et al., 2015; pers. observ.), the fact that they were recorded in a mobbing situation may indicate flexibility in call application. The high calling frequency (mean: 21.6 calls/minute), rather than the specific type of call, may have served to recruit further individuals.

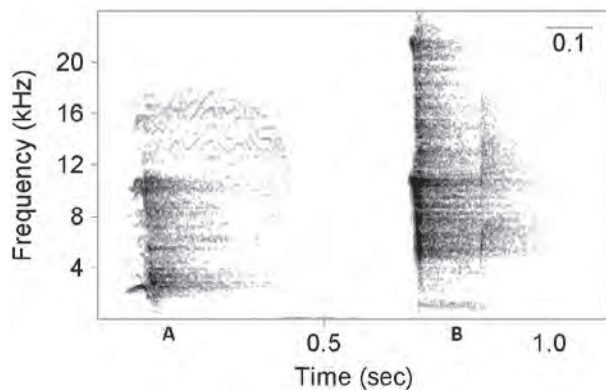


Fig. 3: Vocalisations recorded during the mobbing of a snake by two lemurs. A) “Ouah” call by *Lepilemur sahamalazensis* and B) a non-identified call by *Mirza zaza*. Background noise was manually edited out using Avisoft SASLab Pro. Spectrogram parameters: window size 1024, FlatTop window, 94 % overlap.

Another case of heterospecific attraction has been reported where a Coquerel's giant mouse lemur, *Mirza coquereli*, joined in the mobbing of a snake by a group of fork-marked lemurs, *Phaner* sp. (Schülke, 2001). As sportive, fork-marked and giant mouse lemurs are of similar size and show behavioural similarities, these animals are likely to fall prey to the same predators. Although the evolutionary drive behind cooperative mobbing in solitary foraging species is still poorly understood, these cases of interspecies association support the hypothesis that mobbing is employed to serve as deterrence of a common predator. The observation presented in this article may therefore help to shed light on both the function of mobbing in primates as well as on the vocal ecology of these two rare species.

References

- Crofoot, M.C. 2013. Why mob? Reassessing the costs and benefits of primate predator harassment. *Folia Primatologica* 83: 252-273.
- Curio, E.; Ernst, U.; Vieth, W. 1978. Cultural transmission of enemy recognition: one function of mobbing. *Science* 202: 899-901.
- Eberle, M.; Kappeler, P.M. 2008. Mutualism, reciprocity, or kin selection? Cooperative rescue of a conspecific from a boa in a nocturnal solitary forager the gray mouse lemur. *American Journal of Primatology* 70: 410-414.

- Glaw, F.; Vences, M. 2007. A field guide to the amphibians and reptiles of Madagascar. Third Edition. Cologne, Vences & Glaw Verlag, Germany.
- Hartley P.H.T. 1950. An experimental analysis of interspecific recognition. *Symposia of the Society for Experimental Biology* 4: 313-336.
- Mittermeier, R.A.; Louis, E.E.; Richardson, M.; Schwitzer, C.; Langrand, O.; Rylands, A.B.; Hawkins, F.; Rajaobelina, S.; Ratsimbazafy, J.; Rasoloarison, R.; Roos, C.; Kappeler, P.M.; Mackinnon, J.; Nash, Stephen D. 2010. Lemurs of Madagascar. Third Edition. Conservation International, Washington DC, USA.
- Schülke O. 2001. Social anti-predator behaviour in a nocturnal lemur. *Folia Primatologica* 172: 332-334.
- Seiler, M.; Holderied, M.; Schwitzer, C. 2014. Habitat selection and use in the Critically Endangered Sahamalaza sportive lemur *Lepilemur sahamalazensis* in altered habitat. *Endangered Species Research* 24(3): 273-286.
- Seiler, M.; Schwitzer, C.; Holderied, M. 2015. Call repertoire of the Sahamalaza sportive lemur, *Lepilemur sahamalazensis*. *International Journal of Primatology* 36: 647-665.
- 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(6): e67397. doi:10.1371/journal.pone.0067397.

Mise à jour des données écologiques sur la population de *Prolemur simus* à Mahalina, District de Vatomandry

Maholy Ravaloharimanitra^{1*}, Andrianiaina Rija Rafidiarison², M. Tovonanahary Rasolofoharivelo², Tony King¹

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 author: rrmahooly@gmail.com

Introduction

Madagascar est un «hotspot» de diversité biologique dans le monde (Myers et al., 2000; Mittermeier et al., 2005). Cette richesse est pourtant menacée par des perturbations importantes de l'habitat naturel, dues aux différentes pressions anthropiques ainsi qu'aux catastrophes naturelles.

C'est dans ce contexte que The Aspinall Foundation a mis au point et continue ses activités dans le cadre du projet «Sauver *Prolemur simus*» (King and Chamberlain, 2010), afin d'assurer la survie du grand haplémur (*Prolemur simus*), une espèce classée comme étant en Danger Critique d'extinction (UICN, 2015). *P. simus* est le plus grand des lémuriens mangeurs du bambou, et ne survit plus que dans quelques sites souvent isolées de l'est de Madagascar (Ravaloharimanitra et al., 2011). Une mission d'investigation effectuée en 2010 a mis en évidence l'existence de l'espèce dans le site de Mahalina, Commune rurale de Niherenana, District de Vatomandry, Région Atsinanana, en relevant la présence d'au moins cinq individus et des traces de nourrissage sur les lieux (Rakotonirina et al., 2011).

Le présent article relate les résultats des études effectuées à Mahalina au mois de janvier 2016. Les objectifs de cette mission étaient de 1) déterminer le nombre d'individus du groupe et sa composition; et 2) connaître les pressions et menaces pesant sur son habitat.

Méthodes

La forêt de Mahalina se trouve dans la Fokontany Lomboka, Commune rurale de Niherenana dans le district de Vatomandry, région Atsinanana. Ce site est situé géographique-

2015. Expanding knowledge on life history traits and infant development in the greater bamboo lemur (*Prolemur simus*): Contributions from Kianjavato, Madagascar. *Primate Conservation* 29: 75-86.
- King, T.; Chamberlan, C. 2010. Conserving the critically endangered greater bamboo lemur *Prolemur simus*. *Oryx* 44: 167.
- Mittermeier, R.A.; Gill, P.R.; Hoffmann, M.; Pilgrim, J.; Brooks, J.; Mittermeier, C.J.; Lamourux, J.; Fonseca, G.A.B. 2005. Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. CEMEX, Washington.
- 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.
- 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.
- 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.
- UICN. 2015. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. www.iucnredlist.org. Downloaded on 10 December 2015.

Observations of *Avahi meridionalis* in *Eucalyptus* plantations

Kathryn Scobie^{1*}, Christoph Schwitzer², Marc Holderied³

¹Impact Madagascar, Antananarivo, Madagascar

²Bristol Zoological Society, Clifton, Bristol, BS8 3HA, United Kingdom

³University of Bristol, Life Sciences Building, 24 Tyndall Avenue, Bristol BS8 1TQ, United Kingdom

*Corresponding author: kascobie@gmail.com

The southern woolly lemur (*Avahi meridionalis*) has the most southern distribution of the woolly lemurs. The species occurs only in the lowland and littoral forests, and the semi-montane rainforests of southeast Madagascar. The south-eastern littoral forests are severely fragmented and have been heavily impacted by human activity (Rabenantoandro et al., 2007); what remains is further threatened by an imminent mining project owned by QIT Madagascar Minerals (QMM). Southern woolly lemurs live in monogamous pairs, and habitat fragmentation can create a barrier to the migration of individuals between fragments (Norscia and Borgognini-Tarli, 2008). Furthermore, *A. meridionalis* are vertical leapers and climbers; a specialized form of locomotion which limits their mobility in open spaces and hinders movement between isolated forest fragments. Therefore, if we are to protect this species, it is vital that we implement *in situ* conservation measures that increase the area and connectivity of their remaining habitat.

On the 9th of June 2014, at 20:05, we observed a pair of *A. meridionalis* within a plantation of eucalyptus trees (Genus: *Eucalyptus*; Family: Myrtaceae) adjacent to our campsite in the Mandena Conservation Zone. Our field team was alerted to the pair's presence by their vocalizations, the loud and distinctive 'vou-hy' call. Two days later, on 11 June 2014, at 21:05, a pair of *A. meridionalis* was again seen within the eucalyptus plantation, this time resting on a tree approximately 15 m from the previous sighting. We are not

able to confirm whether both sightings were of the same animals, but both pairs were assumed to comprise a male and a female.

On the 12th of June 2014 surveys were carried out at each of the focal trees. Trees were identified to genus level with the help of local guides and existing tree species identifications (Randriatafika and Rabenantoandro, 2007); both trees were confirmed to be *Eucalyptus* sp., known locally as Kininy. The first tree, in which the pair was seen vocalizing, had a diameter at breast height (DBH) of 19 cm and was approximately 16 m tall. The second tree, in which the pair was seen resting, had a DBH of 13.5 cm and was 19 m in height. Neither tree had lianas. Tree density was low at both sites and there was no discernible under-storey or canopy layer.

In some deforested areas, plantations have been used as a source of wood for local communities. Where plantations connect small isolated fragments, they can serve as corridors thus reducing the danger of extinction for isolated primate populations (Ganzhorn, 1987). If successfully implemented, this practice could prove a valuable tool in the conservation of species, such as *Avahi* sp., which are unable to move between isolated fragments.

In using plantations to extend the habitat available to lemurs, we are able to reconcile the needs of local human populations with species conservation. If certain non-indigenous plants are found to provide suitable habitat for *A. meridionalis*, the use of plantations could increase the connectivity between key areas and have a significant and positive impact on the conservation of this endangered species. Further investigations are now needed to confirm whether plantations represent viable habitat for remaining populations and, if so, how they can be incorporated into conservation planning.

Acknowledgements

Our work was carried out under the collaboration agreement between the Department of Animal Biology of the University of Antananarivo and the Department of Life Sciences at the University of Bristol, and QMM. We are grateful to the Direction du Système des Aires Protégées, and the Ministère de l'Environnement et Forêts of Madagascar for permission to conduct research. Sincere thanks to Mirana Andrimandrosonotahinjanahary and Laurie O'Neill for their help in the field. We also thank the Environment Team at QMM for their assistance and logistical support on-site. We are grateful for the financial (and in-kind) support provided by the Mohamed bin Zayed Species Conservation Fund, the Rufford Small Grants Fund, Chester Zoo and IdeaWild.

References

- Ganzhorn, J.U. 1987. A possible role of plantations for primate conservation in Madagascar. *American Journal of Primatology* 12: 205-215.
- Norscia, I.; Borgognini-Tarli, S.M. 2008. Ranging behaviour and possible correlates of pair-living in southeastern *Avahis* (Madagascar). *International Journal of Primatology* 29: 153-171.
- Rabenantoandro, J.; Randriatafika, F.; Lowry II, P.P. 2007. Floristic and structural characteristics of remnant littoral forest sites in the Tolagnaro area. Pp. 65-77, in: Ganzhorn, J.U., Goodman, S.M. and Vincelette, M., eds. *Biodiversity, Ecology and Conservation of Littoral Ecosystems in Southeastern Madagascar*, Tolagnaro (Fort Dauphin). SI/MAB Series #11. Smithsonian Institution, Washington DC, USA.
- Randriatafika, F.; Rabenantoandro, J. 2007. Correspondence between vernacular and scientific names of littoral forest plants in the Tolagnaro area. Pp. 95-117. In Ganzhorn, J.U.; Goodman, S.M.; Vincelette, M. (eds.). *Biodiversity, Ecology and Conservation of Littoral Ecosystems in Southeastern Madagascar*, Tolagnaro (Fort Dauphin). SI/MAB Series #11. Smithsonian Institution, Washington DC, USA.

Articles

Motion-triggered cameras document emergence from hibernation in *Cheirogaleus*

Marina B. Blanco

Duke Lemur Center, 3705 Erwin Road, Durham, NC, 27705, USA, marina.blanco@duke.edu

Key words: emergence, dwarf lemur, radio transmitter

Introduction

The use of underground hibernacula has been recently reported in dwarf lemurs (*Cheirogaleus*) inhabiting high altitude rainforests in Madagascar (Blanco *et al.*, 2013). More recently, documentation of underground locations has been extended to other habitats including montane forests (600–800 m) in central-eastern and northeastern Madagascar (pers. obs.). Eastern dwarf lemurs hibernate between 3 to 7 months a year (Blanco and Rahalinarivo, 2010; Blanco *et al.*, 2013; Blanco and Godfrey, 2014). Unlike the “active” period, when body temperature remains at euthermic levels ($\sim 37^\circ\text{C}$), dwarf lemur’s body temperature approximates that of their immediate environment during hibernation. If hibernacula temperature remains below euthermic levels, dwarf lemurs (like other hibernating mammals) undergo periodic arousals, i.e., interspersed periods of euthermy between hibernation bouts which are presumably needed to restore bodily functions halted during hibernation.

In the field, the timing and duration of hibernation has been reliably assessed by examining temperature profiles. These profiles can be obtained by the use of external transmitters (radio collars) with temperature sensors that record skin temperature, or implanted loggers that record individual’s subcutaneous temperature. Moreover, dwarf lemurs fitted with radio collars can be tracked by telemetry so that the location of their sleeping sites/hibernacula can be documented. Temperature profiles and hibernacula descriptions are standard components in hibernation studies because they are relatively easy to collect in the field (Dausmann *et al.*, 2004, 2005; Dausmann, 2014). Behavioral observations, such as an individual’s transfer between hibernacula locations or emergence from hibernation, however, are more elusive, as it would require constant monitoring of individuals around the clock. For instance, do individuals leave their underground sites as soon as they warm up to become euthermic? As dwarf lemurs are highly arboreal, and forage in the highest canopy stratum, full physiological recovery would be necessary for a safe return to “life in the trees”. In order to map temperature data (i.e., achievement of euthermy) with animal’s displacements (i.e., locomotor readiness), direct observations or GPS recordings of radio collared (or logger-implanted-) individuals are warranted. The continuous guarding of underground locations for several weeks or months is impractical and the use of GPS micro-loggers is still expensive and unreliable due to poor resolution in close-canopy habitats. We show here that the use of motion-triggered cameras can help document dwarf lemur’s movements. More specifically, motion-triggered cameras strategically placed around underground sites could help capture the timing of emergence from hibernation.

Methods and Results

My assistants and I radio collared 6 *Cheirogaleus sibreei* (250g, ATS radio transmitters ARC400 with temperature sensors) during the hibernation season of 2013 at Tsinjoarivo forest, central-eastern Madagascar (Blanco *et al.*, 2009; Blanco and Godfrey, 2014; Dausmann and Blanco, 2016). This species has been subjected to hibernation studies for several seasons and it had been established that Sibree’s dwarf lemurs hibernate in underground locations at this site. Hibernation periods range between the end of February until the end of September, with individuals hibernating about 5 ½ months on average (Blanco *et al.*, 2013; Dausmann and Blanco, 2016).

In early September 2013, we opportunistically chose two underground hibernacula and set up motion-triggered cameras at close range (Reconyx Hyperfire HC500). Cameras were facing the ground where the strongest radio signal could be detected and they were attached to trees at about 2 m away from suspected individual’s locations (Fig. 1).



Fig. 1: Motion-triggered camera targeting hibernaculum.

By using telemetry, we confirmed dwarf lemurs left these locations in late September at which point SD cards from the cameras were retrieved and pictures were examined. In one case, no lemur sighting was observed and we concluded that the camera was probably not targeting the exit spot. In the second attempt, the camera captured the dwarf lemur as it was exiting the site (Fig. 2). Both individuals were later recaptured and their collars removed to obtain their temperature recordings.



Fig. 2: Selection of photo sequence captured by motion-triggered camera of individual “P” exiting underground hibernaculum.

In the case of individual “P” we obtained both the temperature profile and photos from the emergence. Stamped dates on the photos in addition to temperature recordings from the collar indicate that this individual remained euthermic in the underground location for three days until she exited the site (Fig. 3). Data for individual “R” consisted of the temperature profile and sporadic documentations of hibernaculum/sleeping site locations by telemetry around the time of emergence.

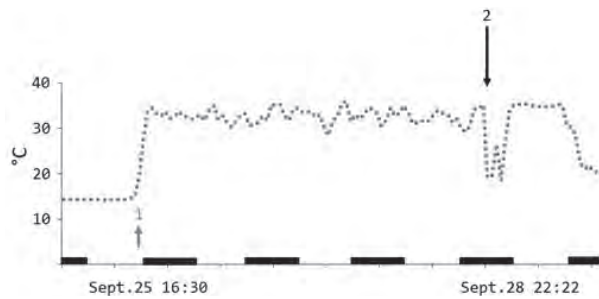


Fig. 3: Temperature profile of individual “P”; 1-temperature raising towards euthermia; 2-indicates emergence of hibernation as shown by photos from motion-triggered camera. Note the subsequent drop in temperature resulting from the sensor of the external transmitter picking up ambient temperature as the individual is no longer curled up with the transmitter positioned firmly inside her neck.

These data indicate that the individual remained underground with euthermic-level temperature for a day or so before transferring to a tree hole (Fig. 4).

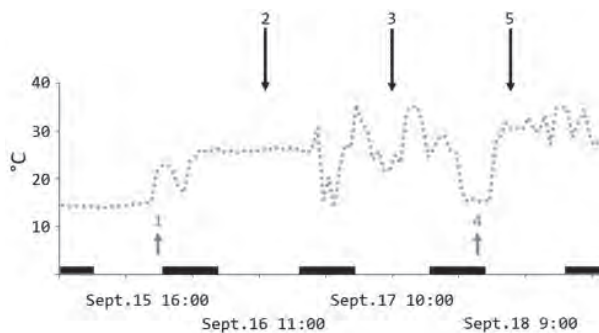


Fig. 4: Temperature profile of individual “R”; 1-temperature raising towards euthermia; 2-signal from radio collar indicated individual was still underground; 3-signal from radio collar indicated individual had left underground hibernaculum and was inside a tree hole shared with 2 other individuals also fitted with transmitters; 4-temperature recordings show individual was torpid during the night; 5-individual was hand-captured from inside tree hole shared with two other individuals.

Discussion

This paper shows that motion-triggered cameras can assist in documenting highly elusive behavioral events, such as the timing of hibernation emergence. These data, though limited to a single individual, are unprecedented and revealing because they show that dwarf lemurs can remain underground under euthermic conditions for up to three days before exiting the hibernaculum.

Euthermic periods below ground (before emergence and after immersion from hibernation) have been observed in ground squirrels (Williams *et al.*, 2014). The duration of underground euthermia was shown to vary between and within species, with adult males in colder habitats generally showing longer periods than females (Williams *et al.*, 2014).

It was suggested that periods of underground euthermia would allow individuals to defend food caches in underground galleries, though some sciurid species show this condition despite the fact they do not store foodstuffs. Gonadal development and maturation (which need to be accomplished under euthermic conditions) has been suggested as an explanation for adult male Arctic ground squir-

rels to delay emergence of hibernation (Sheriff *et al.*, 2011). These arguments are insufficient to explain our findings: 1-dwarf lemurs do not cache food and rely exclusively on fat deposits during hibernation; 2-it was the adult female in our study which spent more time underground (3 days) compared to the male (~1 day). It is unclear which physiological processes, if any, are demanding prolonged euthermic conditions after the torpor/arousal cycles are over at the end of the hibernation season.

More systematic investigations are warranted, including observations from different ages/sexes/species, to determine the physiological variation in the window of emergence, i.e., period between euthermia and locomotor activity. Whether immediate pre-emergence euthermia is physiologically comparable to that of an extended arousal, or whether this period is qualitatively different and represents a “resting” period prior to active movement is presently unknown. Use of motion-triggered cameras to capture emergence time from hibernation could be a first step in investigating the physiological transition to the active period in dwarf lemurs.

Acknowledgements

I am thankful to the local research assistants in Madagascar: Noel Rakotoniaina, Jules Rafalimanatsoa, Parfait Rafamantanatsoa and Nirina Razanadrakoto. Special thanks to Kathrin Dausmann for her comments in an earlier version of this paper. This research was supported by funds from the “Deutsche Forschungsgemeinschaft” DFG (DA 1013/6-1). I would like to thank the Ministère de l'Environnement et des Forêts of the Malagasy government and the University of Antananarivo for permission to conduct this research. The project in Madagascar was facilitated by Madagascar Institute pour la Conservation des Ecosystèmes Tropicaux (MICET).

References

- Blanco, M.B.; Rahalinarivo, V. 2010. First direct evidence of hibernation in an eastern dwarf lemur species (*Cheirogaleus crossleyi*) from the high-altitude forest of Tsinjoarivo, central-eastern Madagascar. *Naturwissenschaften* 97: 945-950.
- Blanco, M.B.; Godfrey, L.R. 2014. Hibernation Patterns of Dwarf Lemurs in the High Altitude Forest of Eastern Madagascar. Pp 23-42. In Gursky, S.; Krzton, A.; Grow, N. (eds.). *High Altitude Primates*. New York, Springer.
- Blanco, M.B.; Godfrey, L.R.; Rakotondratsima, M.; Rahalinarivo, V.; Samonds, K.E.; Raharison, J.-L.; Irwin, M.T. 2009. Discovery of sympatric dwarf lemur species in the high altitude forest of Tsinjoarivo, eastern Madagascar: implications for biogeography and conservation. *Folia Primatologica* 80: 1-17.
- Blanco, M.B.; Dausmann, K.H.; Ranaivoarisoa, J.F.; Yoder, A.D. 2013. Underground hibernation in a primate. *Scientific Reports* 3: 1768.
- Dausmann, K.H. 2014. Flexible patterns in energy savings: heterothermy in primates. *Journal of Zoology* 292: 101-111.
- Dausmann, K.H.; Blanco, M.B. 2016. Possible Causes and Consequences of Different Hibernation Patterns in *Cheirogaleus* Species. Pp 335-349. In Lehman, S.; Radespiel, U.; Zimmermann, E. (eds.). *Dwarf and Mouse Lemurs of Madagascar: Biology, Behavior, and Conservation Biogeography of the Cheirogaleidae*. Cambridge University Press.
- Dausmann, K.H.; Glos, J.; Ganzhorn, J.U.; Heldmaier, G. 2004. Hibernation in a tropical primate. *Nature* 429: 825-826.
- Dausmann, K.H.; Glos, J.; Ganzhorn, J.U.; Heldmaier, G. 2005. Hibernation in the tropics: lessons from a primate. *Journal of Comparative Physiology B* 175: 147-155.
- Sheriff, M.T.; Kenagy, G.J.; Richter, M.; Lee, T.; Tøien, Ø.; Kohl, F.; Bucj, C.L.; Barnes, B.M. 2011. Phenological variation in annual timing of hibernation and breeding in nearby populations of Arctic ground squirrels. *Proceedings of the Royal Society B* 278: 2369-2375.
- Williams, C.T.; Barnes, B.M.; Kenagy, G.J.; Buck, C.L. 2014. Phenology of hibernation and reproduction in ground squirrels: integration of environment cues with endogenous programming. *Journal of Zoology* 292: 112-124.

Troop sizes, population densities, and sex ratios of *Eulemur coronatus* and *Eulemur sanfordi* in the Ankarana National Park

A. Andrea Gudiel¹, Shane C. Nieves², Kim E. Reuter^{1*}, Brent J. Sewall¹

¹Department of Biology, Temple University, 1900 N. 12th St., Philadelphia, PA, 19122

²Department of Biological Sciences, Florida Gulf Coast University, Fort Myers, FL, 33965

*Corresponding author: kimeleanorreuter@gmail.com

Key words: *Eulemur coronatus*, *Eulemur sanfordi*, Madagascar, Ankarana National Park

Abstract

Eulemur coronatus and *E. sanfordi* are Endangered on the IUCN Red List, yet remain poorly understood. To improve understanding of their ecology, we report on the population densities, troop sizes, sex ratios, and sympatry of these two species within and near Ankarana National Park, Madagascar. Our preliminary data indicate that population densities of *E. coronatus* may have declined, and provide some of the first density estimates for *E. sanfordi* in the Ankarana region.

Résumé

Eulemur coronatus et *E. sanfordi* sont des espèces listées comme en danger sur La Liste rouge de l'UICN mais encore mal connues. Pour améliorer la compréhension de leur écologie nous avons fait des recherches sur les densités de population, la taille des troupes, les ratios sexuels, et la sympatrie de ces deux espèces à l'intérieur et près du parc national d'Ankarana, Madagascar. Nos données préliminaires indiquent que les densités de population d'*E. coronatus* ont peut-être diminué, et fournissent quelques premières estimations de la densité pour *E. sanfordi* dans la région Ankarana.

Introduction

Understanding and addressing threats to lemurs is an urgent conservation priority, especially as it relates to habitat degradation. In this study, we present preliminary data on how the population densities, troop sizes, sex ratios, and sympatry of the crowned lemur *Eulemur coronatus* and Sanford's lemur *E. sanfordi* change across three habitat types. Both species can be found in sympatry (Freed, 2012) in disturbed and undisturbed habitats (Tab. I). Both species are threatened by hunting, habitat degradation (Wilson et al., 1989; Gilles and Reuter, 2014), and range reductions due to climate change (Brown and Yoder, 2015); they are considered Endangered with decreasing population sizes (Andriaholinirina et al., 2014a, b). Published estimates of troop sizes (Hawkins et al., 1990; Freed, 1996) and population densities vary for both species (Tab. I). It has remained unclear how these measures differ in disturbed habitats.

Past research suggests *E. coronatus* and *E. sanfordi* differ in key ways. For example, *E. sanfordi* populations are found in lower densities (Banks et al., 2007; Garbutt, 2007) and more often in edge and degraded forests than *E. coronatus* (Wilson et al., 1989; Tattersall and Sussman, 1998). We sought to build on previous understanding of the ecology of these species, by presenting preliminary data on the troop sizes, population densities, sex ratios, and sympatry of these two species at Ankarana National Park.

Tab. I: Density estimates for Ankarana National Park populations, by forest type, from past and current literature. Density estimates are not all taken from the same areas of the park. Data from 1986^a is taken from Fowler et al. (1989), data from 1986^b is from Wilson et al. (1989), and the 1987 estimates are from Hawkins et al. (1990). Under the density column: the number in the parentheses for the 2012 data is the Coefficient of Variation. The 1987 density estimates are either medians or means $\pm$ 95 % confidence intervals. Data reported in this paper are in bold.

Lemur Species	Forest Type	Year Observed	Number Observed	Density (per km ²)	Confidence Interval
<i>Eulemur coronatus</i>	Primary	1986 ^a	979 ^a	500	-
		1986 ^b	62	500	-
		1987	-	221	142; 300
		2012	62	208.2 (41.3)	151; 284
	Secondary	1987	-	137	-
		2012	52	276 (33.9)	217; 354
	Degraded	1986 ^a	34 ^a	-	-
		1986 ^b	15 ^b	-	-
		1987	-	54	-
		2012	17	105 (47.4)	98; 201
<i>Eulemur sanfordi</i>	Primary	1986 ^a	618 ^a	-	-
		1986 ^b	33	25	-
		1987	-	111	63; 159
		2012	29	109 (36.7)	32; 197
	Secondary	1987	-	228	31; 425
		2012	42	232.8 (36.2)	169; 309
	Degraded	1986 ^a	105 ^a	-	-
		1986 ^b	52 ^b	-	-
		1987	-	65	15.5; 114.5
		2012	15	163.1 (81.3)	154; 265

Methods

Study site

We conducted research in Ankarana National Park (49°00'48S, 49°15'47E), a protected area impacted by agriculture, wood extraction, subsistence hunting, and sapphire mining (Fowler et al., 1989; Wilson et al., 1989; Gilles and Reuter, 2014). The park is home to the largest and least disturbed populations of *E. coronatus* and *E. sanfordi* (Wilson et al., 1989; Hawkins et al., 1990). The park's forest patches allow for localized density measurements (Sewall and Andriamanarina unpublished). We collected data from the park's main entrance on the eastern side (Mahamasina area), where we had access to primary, secondary, and degraded forest (maps of study sites in Reuter, 2015). Research took place during the dry season (May–August 2012) when both species are food-stressed and their diets consist primarily of fruit (Wilson et al., 1989; Sewall and Van Vuren, 2008; Sewall et al., 2013). The timing of the study overlapped with their mating season (Wilson et al., 1989).

Forest types and transects

Data collection methods are detailed in Reuter (2015). We collected data along transects in the primary (2.27 km, n = 32 transects), secondary (1.5 km, n = 12), and degraded forest (2.27 km, n = 26).

Line census

Troop sizes, population density estimates, and sex ratios were calculated from line census data. Data collection followed established distance sampling protocols along the transects using the variable-width method (Buckland et al., 2001). We completed 12 km of sampling effort per habitat type; all

visual encounters of *E. coronatus* and *E. sanfordi* were recorded. Population densities were calculated using Distance software (Thomas et al., 2010). Detection functions were modelled separately for each species in each forest type.

Statistical analyses

Due to lack of normality within datasets, non-parametric Kruskal-Wallis rank tests were used to examine changes of troop sex ratios. Unless otherwise noted, analyses were conducted using the JMP statistical software (JMP®, Version 10. SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989-2007). Both species can forage in loose aggregations; raw data on troop sizes likely underestimated the true size due to researchers' variable success in observing all troop members during line transect surveys. Therefore, regression analyses were performed (observed troop size against the perpendicular distance that the lemurs were first seen from the researcher), such that the y-intercept would provide an estimate of troop size corrected for variable detection with distance. The portion of troops comprised of a solitary member were determined before correction for detection; thus this estimate is likely overestimated. The portion of troops comprised of both species were also recorded to determine the frequency of interspecific associations during foraging.

Results

Troop size

Average number of observed individuals in a troop (uncorrected for distance) for *E. coronatus* across all forest types was 3.9 ± 2.0 individuals per troop (range: 1 to 11 individuals, $n = 34$), with both sexes present equally within observed troops (male/female ratio = 1). The distance-corrected estimates of troop size (y-intercepts of regressions of observed troop size against the perpendicular distance) were 5.7 (95 % CI = 3.11, 8.27; $n = 15$), 3.6 (95 % CI = 0.75, 5.51; $n = 14$), and 2.6 (95 % CI = -2.51, 7.63; $n = 6$) in the primary, secondary, and degraded forests, respectively. Average number of observed individuals in a troop (uncorrected for distance) for *E. sanfordi* was 2.8 ± 1.5 individuals, with a 1.5:1 male/female ratio (range: 1 to 7 individuals, $n = 30$). The distance-corrected estimates of troop size were 3.3 (95 % CI = 1.96, 4.57; $n = 12$), 4.6 (95 % CI = 2.99, 6.29; $n = 13$), and 1.37 (95 % CI = -3.12, 5.85; $n = 5$) in the primary, secondary, and degraded forests, respectively.

Sex ratios

Troop sex ratios did not change by forest type in *E. coronatus* (Kruskal-Wallis Test, chi-square = 3.87, $p = 0.14$, $n = 34$) or *E. sanfordi* (Kruskal-Wallis Test, chi-square = 0.37, $p = 0.83$, $n = 30$).

Sympatry and solitary behaviour

Of the 64 troops observed, 13 were of individuals traveling alone. Three solitary individuals were seen in the degraded forest (27 % of $n = 11$ troops), 7 were seen in the secondary forest (25 % of $n = 28$ troops), and 4 were seen in the primary forest (15 % of $n = 26$ troops). *E. sanfordi* males were most commonly seen travelling alone ($n = 6$), followed by *E. coronatus* females ($n = 3$), and *E. coronatus* males and *E. sanfordi* females ($n = 2$, each species). Of the 51 troops with two or more individuals, 7 were mixed-species troops with both species moving through the canopy together (4, 2, and 1 troops in primary, secondary, and degraded forest, respectively).

Population densities: *E. coronatus* and *E. sanfordi* population densities are listed in Tab. 1. *E. coronatus* densities were low-

er in degraded forest than secondary forest. Otherwise, the 95 % confidence intervals overlapped between species and across forest types for each species.

Discussion

Troop size

In accordance with Mittermeier et al. (2010), we did not detect a change in troop size for either species across the three forest types. Our estimates of average troop sizes for both species are lower than in past studies (Wilson et al., 1989; Hawkins et al., 1990; Freed, 1996; Sewall and Van Vuren, 2008; Mittermeier et al., 2010). In addition, the maximum troop size observed in *E. sanfordi* of 7 individuals was less than half of what had been previously recorded (15 individuals in Wilson et al., 1989). This may be due to a change over time (e.g., since Hawkins et al., 1990 and Sewall and Van Vuren, 2008), differences by area studied (e.g., compared to the Montagne d'Ambre region in Freed, 1996), or due to lemur movements in response to limited food sources in the dry season (Sewall et al., 2013). Also, unlike in the Montagne d'Ambre region (Freed, 1996), *E. sanfordi* (but not *E. coronatus*) has a fission-fusion structure in Ankarana (Sewall and Van Vuren, 2008); we were likely therefore only measuring the size of *E. sanfordi* subgroups (Sewall and Van Vuren, 2008). We recognize the limitations of estimating troop sizes via distance sampling; the short period observed make troop size estimates highly dependent on accurate detection of all observable individuals when troops are close to the observer and on the assumption of linear variation in detection with distance (Buckland et al., 2001). Our sample sizes were low, which led to large uncertainties in some cases. Troop follows (e.g., Freed, 1996; Sewall and Van Vuren, 2008) may better account for all individuals in a troop, due to the longer time spent observing each troop. Finally, while both species are habituated to the presence of humans at Ankarana due to extensive tourist activity (Sewall and Van Vuren, 2008), *E. sanfordi* seems somewhat more easily scared by humans than *E. coronatus* (noted by Wilson et al., 1989; Banks et al., 2007); this may influence density and troop size estimates (Buckland et al., 2001). Nonetheless, though further study is needed, our results are consistent with a constant troop size across forest type. A constant group size across forest types could arise, for instance, if lemurs have an important genetic predisposition to particular troop sizes. This is because similar troop sizes provide optimal foraging efficiency, protection from predators, or reproductive opportunities despite habitat type.

Population densities

Our study indicates that the population density of *E. coronatus* is lower than some, but not all, earlier records in the primary forest at Ankarana (Tab. 1). We acknowledge, though, that these early estimates did not provide estimates of error and we recognize the caveats of comparing across estimates using different methods and from different study areas. In contrast to previous findings (e.g., Banks et al., 2007), we did not detect differences in densities of *E. sanfordi* and *E. coronatus*. Unlike Tattersall and Sussman (1998), we did not detect differences by forest type, except that densities of *E. coronatus* were lower in the degraded forest than the secondary forest. We did not detect a change in *E. coronatus* densities in the primary forest (compared to Hawkins et al., 1990). Though error estimates were not available for secondary and degraded forests from this earlier study (Hawkins et al., 1990), densities may have increased in these

forests in *E. coronatus*. Though we did not detect a change in primary or secondary forests density for *E. sanfordi* relative to earlier the earlier study (Hawkins *et al.*, 1990), estimates in degraded forests were higher than the prior estimate. These higher density estimates in modified forests may represent spatial differences by study site location, result from true population growth in those areas, arise because of immigration from surrounding unprotected areas where forest degradation is ongoing, or be due to a lack of comparable historical data.

Sympatry and solitary behaviour

Since most mixed-species troops we observed were in primary forest, we hypothesize that mixed-species foraging occurs more in primary forest than in modified forests. Reports indicate that mixed-species troops occur during the resource-abundant wet season (Garbutt, 2007), so it was surprising to find mixed-species troops during the resource-limited dry season (also the mating season). Perhaps in primary forests, lemurs form mixed-species foraging troops to avoid predation or increase foraging efficiency. Research is needed to determine the extent and causes of interspecific associations between these two species. The frequency with which we observed solitary individuals almost certainly provides an overestimate of their actual frequency, due to the loose aggregation of troops combined with incomplete detection of other troop members. Solitary individuals were seen in all three forest types, though our preliminary data suggest they may be less common in the primary forest than in modified forests. Our observations of solitary *E. coronatus* individuals support anecdotal observations by Wilson *et al.* (1989) and may provide evidence that troops of this species have low cohesion. Prior to our study, *E. sanfordi* individuals had not been reported to travel alone and were thought to have strong troop cohesion (Wilson *et al.*, 1989; Freed, 2012).

Acknowledgements

Thanks to P. Banaika for field assistance, Madagascar Institute for the Conservation of Tropical Environments for assistance with procuring research permits, Community Centred Conservation Madagascar for providing accommodations, Madagascar National Parks, the village of Mahamasina, the Ankarana National Park staff and guides, and the University of Antsiranana for their hospitality. Funding was provided by: National Science Foundation (NSF) Alliance for Minority Participation Scholarship to AAG; Explorers Club grants to KER, SN; American Society of Primatology grant to KER; Ding Darling Scholarship to KER; NSF Graduate Research Fellowship (DGE-1144462) to KER; and a NSF grant (DEB-1257916) to BJS. 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 sponsors.

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.; Rabarivola, 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.; Razafindraibe, H.; Razafindramanana, J.; Rowe, N.; Salmons, J.; Seiler, M.; Volampeno, S.; Wright, P.; Yousouf, J.; Zaonarivelo, J.; Zaramody, A. 2014a. *Eulemur coronatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e.T8199A16117225. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-I.RLTS.T8199A16117225.en>. Downloaded on 05 November 2016.
- 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.; Rabarivola, C.J.; Raharivololona, B.; Rajaobelina, S.; Rakotoarisoa, G.; Rakotomanga, B.; Rakotondrainibe, H.; Rakotondratsimba, G.; Rakotondratsimba, M.; Rakotonirina, L.; Ralainasolo, F.B.; Ralison, J.; Ramahaleo, T.; Razafindraibe, H.; Razafindramanana, J.; Rowe, N.; Salmons, J.; Seiler, M.; Volampeno, S.; Wright, P.; Yousouf, J.; Zaonarivelo, J.; Zaramody, A. 2014b. *Eulemur sanfordi*. e.T8210A16118322. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-I.RLTS.T8210A16118322.en>. Downloaded on 05 November 2016.
- Banks, M.A.; Ellis, E.R.; Antonio, W.; Wright, P.C. 2007. Global population size of a critically endangered lemur, Perrier's sifaka. *Animal Conservation* 10: 254-254.
- Brown, J.L.; Yoder, A.D. 2015. Shifting ranges and conservation challenges for lemurs in the face of climate change. *Ecology and Evolution* 5: 1131-1142.
- 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, New York, USA.
- Fowler, S.V.; Wilson, J.M.; Chapman, P.; Checkley, D.; Hurd, S.; McHale, M.; Ramangason, G.S.; Randriamasy, J.E.; Stewart, P.; Walters, R. 1989. Survey and management proposals for a tropical deciduous forest reserve at Ankarana in Northern Madagascar. *Biological Conservation* 47: 297-313.
- Freed, B.Z. 1996. Co-occurrence among crowned lemurs (*Lemur coronatus*) and Sanford's lemurs (*Lemur fulvus sanfordi*) of Madagascar. Doctoral Dissertation, Washington University, USA.
- Freed, B.Z. 2012. Fallback food consumption and sympatry in *Eulemur coronatus* and *Eulemur sanfordi*. *American Journal of Physical Anthropology* 147(S54): 147-147.
- Garbutt, N. 2007. Mammals of Madagascar. Yale University Press, USA.
- Gilles, H.R.; Reuter, K.E. 2014. The presence of diurnal lemurs and human-lemur interactions in the buffer zone of the Ankarana National Park. *Lemur News* 18: 27.
- 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. 2012. Madagascar Assessment. International Union for Conservation of Nature.
- Mittermeier, R.A.; Hawkins, F.; Louis Jr., E.E.; Richardson, M.; Schwitzer, C.; Langrand, O.; Rylands, A.B.; Hawkins, F.; Rajaobelina, S.J.; Ratsimbazafy, J.; Rasoloarison, R.; Roos, C.; Kappeler, P.M.; Mackinson, J. 2010. Lemurs of Madagascar, 3rd Edition. Conservation International, Arlington, USA.
- Reuter, K.E. 2015. Natural resource use in Madagascar. Doctoral Dissertation, Department of Biology, Temple University, Philadelphia, USA.
- Sewall, B.J.; Freestone, A.L.; Hawes, J.; Andriamanarina, E. 2013. Size-energy relationships in ecological communities. *PLOS ONE* 8: e68657.
- Sewall, B.J.; Van Vuren, D.H. 2008. Comparing alternate foraging behavior models: A field test of optimal foraging theory and the geometric framework of nutrient regulation on lemurs in Ankarana, Madagascar. Pp 8-49. In: B.J. Sewall. Doctoral Dissertation, University of California, Davis, USA.
- Tattersall, I.; Sussman, R.W. 1998. 'Little Brown Lemurs' of Northern Madagascar. *Folia Primatologica* 69: 379-388.
- Thomas, L.; Buckland, S.T.; Rexstad, E.A.; Lakke, J.L.; Strindberg, S.; Hedley, S.L.; Bishop, J.R.B.; Marques, T.A.; Burnham, K.P. 2010. Distance survey: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *Journal of Applied Ecology* 47: 5-14.
- Wilson, J.M.; Stewart, P.D.; Ramangason, G.-S.; Denning, A.M.; Hutchings, M.S. 1989. Ecology and Conservation of the Crowned Lemur, *Lemur coronatus*, at Ankarana, N. Madagascar. *Folia Primatologica* 52: 1-26.

Relationship between vegetation characteristics and the presence of lemurs: *Varecia variegata*, *Eulemur rubriventer* and *Eulemur rufifrons* in Kianjavato forest fragments

Daniel V. Rafidimanana^{1*}, Sheila M. Holmes², Steig E. Johnson², Edward E. Louis Jr.^{3,4}, Bakolimalala Rak-outh¹

¹University of Antananarivo, BP 906, Antananarivo 101, Madagascar

²University of Calgary, 2500 University Dr. NW, Calgary, AB, Canada T2N 1N4

³Omaha's Henry Doorly Zoo and Aquarium, Center for Conservation and Research, 3701 South 10th Street, Omaha, NE 68107, USA

⁴Madagascar Biodiversity Partnership, NGO, VO12 Bis A, Manakambahiny, Antananarivo 101, Madagascar

*Corresponding author: dagavon@gmail.com

Key words: *Varecia variegata*, *Eulemur rufifrons*, *Eulemur rubriventer*, habitat, vegetation

Abstract

The Kianjavato classified forest in the south east of Madagascar is the refuge of several lemur species, including *Varecia variegata*, *Eulemur rufifrons* and *Eulemur rubriventer*. Due to slash-and-burn shifting cultivation, selective logging and mining, and extensive deforestation and forest fragmentation the habitat of these lemurs is threatened. Knowledge of the preferred habitat characteristics of these lemurs will contribute to their better conservation. We studied the horizontal and vertical structure of three forests fragments at Kianjavato: Tsitola, Vatovavy and Karakandatra. The results showed that density of trees ≥ 10 cm dbh ranged from 552 to 880 individuals/ha and the vegetation had four strata. Karakandatra, with 64 % degree of openness had a more open canopy than Vatovavy (60 %) and Tsitola (55 %). Lemurs spent most of their time between the superior and the medium strata; *E. rufifrons* averaged 16.46 m above ground, *V. variegata* averaged 15.34 m and *E. rubriventer* averaged 12.5 m. Each species of lemur used distinct groups of tree species, and varied in their use of forested areas based on canopy cover and the basal area and biovolume of trees. This could indicate differences in their abilities to use disturbed forest. Long-term and larger-scale studies are recommended to further investigate these differences.

Résumé

La forêt classée de Kianjavato localisée dans la partie Sud-Est de Madagascar, abrite des lémuriens comme *Varecia variegata*, *Eulemur rufifrons* et *Eulemur rubriventer*. L'habitat de ces espèces est menacé par les pressions anthropiques. La connaissance des caractéristiques de cet habitat pourrait contribuer à la conservation de ces lémuriens. Les structures verticales et horizontales ont été étudiées dans trois fragments forestiers: Tsitola, Vatovavy et Karakandatra. Les résultats obtenus ont montré que ces trois fragments forestiers présentent une densité élevée de 552 à 880 individus/ha des arbres ≥ 10 cm dhp et une structure pluristratifiée à quatre strates. Karakandatra, avec un degré d'ouverture de 64 % est plus ouvert par rapport à Vatovavy (60 %) et Tsitola (55 %). Les lémuriens sont surtout localisés entre la strate supérieure et la strate arborée, respectivement à

une hauteur moyenne de 16.46 m pour *E. rufifrons*, 15.34 m pour *V. variegata* et 12.5m pour *E. rubriventer*. Chaque espèce de lémuriens a utilisé des groupements végétaux différents et leurs distributions sont basées sur la variation des paramètres surface terrière, biovolume et recouvrement. Ce qui peut indiquer des différences sur leurs capacités à utiliser des forêts dégradées. Des études à long terme et à plus grande échelle sont recommandées pour avoir des détails supplémentaires sur ces différences.

Introduction

Madagascar is an island known for its extraordinary level of endemism (Vences *et al.*, 2009), and its categorization as a global biodiversity hotspot (Myers, 2000). Human activities, including conquest of land by shifting cultivation ("tavy") and wood collection for construction and fuel, pose threats to this biodiversity (Mittermeier *et al.*, 2010). Among the taxa threatened by changes to vegetation are many species of lemurs (Mittermeier *et al.*, 2014).

Kianjavato classified forest in southeastern Madagascar is home to nine species of lemurs (Mittermeier *et al.*, 2014). Three of these species (Fig. 1) are listed by the IUCN as follows: *Varecia variegata* (CR), *E. rufifrons* (NT), and *E. rubriventer* (VU). Knowledge of the habitats of these three lemur species is crucial because they are seed dispersers (Mittermeier *et al.*, 2008; Ratsimbazafy, 2011; Razafindratsima *et al.*, 2014), and they play important roles in the ongoing reforestation and forest restoration efforts in the area (Manjaribe, 2014).

Our objective was to uncover the relationship between the vegetation characteristics of this area and each species of lemur. We did this by (1) analyzing the vegetation structure in three forest fragments (Vatovavy, Tsitola and Karakandatra); and (2) characterizing and identifying the types of vegetation used by the three lemur species.

Methods

Study Site

Kianjavato classified forest is located in Southeastern Madagascar, Region Vatovavy Fitovinany, District of Mananjary (21°28'00S, 47°58'00E) (Fig. 1). This study site was identified by the SSC Primate Specialist Group as one of the priority sites for lemur conservation in Madagascar (Schwitzer *et al.*, 2013).

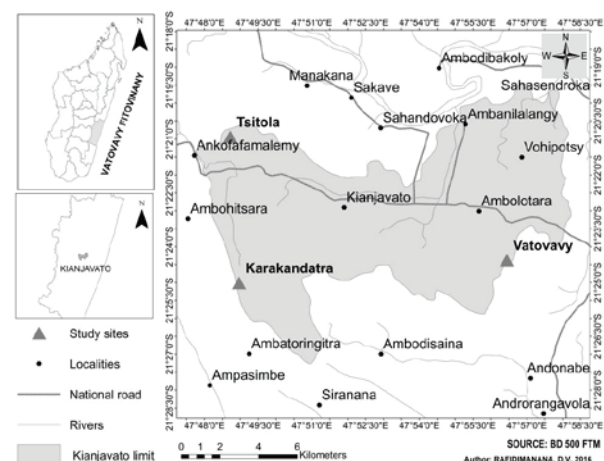


Fig. 1: Map of the study sites. This map was created using ArcGIS software and the BD 500 source data from FTM (www.ftm.mg/framepro.htm).

Ecological surveys

We placed 10 or 11 500 m-line transects in each of the three forest fragments ($n = 31$) and surveyed both vegetation characteristics and lemurs on these transects. Transects were positioned to evenly cover forested areas, and were distributed across low, mid, and high regions of slopes. We completed a floristic inventory, covering an area within 2m of either side of each transect (total area = 62000 m²). This included measurements of canopy cover (using a densiometer), and the diameter and height of each tree greater than or equal to 10cm diameter at breast height (Lehman, 2007). We also calculated tree density, basal area, and biovolume (the shape constant of 0.53 for tropical forests multiplied by the basal area and height of a given tree) as per Dawkins (1959). For the percentage of canopy cover, a difference of greater or equal to 10 % was significant (Godron, 1968). Samples of each tree species were collected, and later identified at the national herbarium (TAN) and the Department of Plant Biology and Ecology herbarium (DBEV) of the University of Antananarivo following the Angiosperm Phylogeny Group III nomenclature (APG III) (Bermer, 2009). In order to determine the distribution of each lemur species, a total of 136 km (272 transect walks) was surveyed from May to October 2014. The location (latitude, longitude and height in the canopy) of all individuals of the three target species seen along these transects, regardless of distance from transect, was noted (Struhsaker, 1981).

Data analysis

We used Excel 2010 software, and “ADE-4” (Ecological Data Analysis: Exploratory and Euclidean methods in Environmental Sciences) to (1) identify plant groups found in vegetation surveys, (2) classify the plant species most used by each lemur species, and (3) determine the relationships between floristic factors and the distribution of each of the three study species in the Kianjavato forest fragments. Specifically, we used Correspondence Analysis (COA) to determine the influence of floral characteristics on the presence of the three lemur species on transects, and Principal Component Analysis on Instrumental Variables (PCAIV) to determine the influence of structural parameters on the presence of the three lemur species in the forest fragments.

Results

Structure of the three forest fragments

Vatovavy showed intermediate canopy cover (Tab. 1), and had the highest tree density, basal area, and biovolume of the three forest fragments (Tab. 2). Tsitola had the greatest canopy cover, and the lowest tree density and biovolume, while Karakandatra had the lowest canopy cover and basal area of trees. Vatovavy trees had larger average diameters than those in the Karakandatra and Tsitola forest fragments.

Tab. 1: Vertical structure of the three forest fragments.

Fragments	Low Slope		Medium Slope		High Slope		Od (%)
	Cc (%)	Nb strata	Cc (%)	Nb strata	Cc (%)	Nb strata	
Vatovavy	39	4	48	4	33	3	60
Karakandatra	34	4	40	4	33	3	64
Tsitola	35	4	53	4	46	3	55

Cc: Canopy cover, Nb: Number, Od: Opening degree. Values different significantly by 10 % of difference as the scale of Godron (1968)

Tab. 2: Horizontal structure of the three forest fragments.

Sites	DBH (cm)	Basal Area (m ² /ha)	Biovolume (m ³ /ha)	Density (indiv/ha)
Vatovavy	23.2±3.79	56.4±3.41	48.23±33.93	880
Karakandatra	21.5±1.87	40.4±1.57	43.92±31.98	754
Tsitola	20.25±2.24	48.0±2.07	42.87±14.39	552

Values statistically different following the standard deviation, $\alpha=0.05$

Distribution of lemurs according to the canopy height

E. rubriventer tended to be found at lower heights (mean = 12.5m) than *E. rufifrons* (mean = 16.46m) or *V. variegata* (mean = 15.34m). All three lemur species were mainly located between the leafy middle stratum and the superior stratum (Fig. 2).

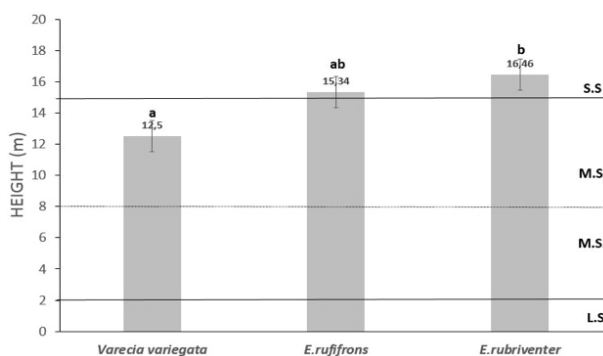


Fig. 2: Distribution of lemurs according to the canopy height and vegetation stratification (L.S.: Low stratum, M.S1: Middle shrub stratum, M.S2: Middle tree stratum, S.S.: Superior stratum); a,b,ab: following by the same letter is one statistical group with $\alpha=0.05$.

Influence of floristic characteristics on the presence of the three lemur species in all transects

In the Correspondence Analysis (COA), plant species were grouped into four distinct groups based on the number of sightings of each species of lemur in a given plant species across all transects. Each species of lemur was associated with a distinct group of plants (Fig. 3; Tab. 3).

Group 1 was composed of the species *Cissus alata*, *Gaertnera macrostipula*, *Ficus soroceoides*, *Syzygium emirnense*, *Psychotria macrochlamys*, *Albizia lebeck*, *Potameia madagascariensis* and *Tambourissa thouvenotii*. These are the species in which we found *E. rubriventer*.

Group 2 was formed by *Cryptocarya myristicoides*, *Strychnos madagascariensis*, *Artocarpus integrifolia*, *Tinopsis phellocarpa*, *Mammea perrieri*, *Ocotea cymosa*, *Dombeya acerifolia*, *Ficus baronii*, *Noronhia urceolata*, *Bridelia tulasneana* and *Chrysophyllum boivinianum*. These species were used by *E. rufifrons*.

Group 3, an intermediate group, is represented by *Uapaca ferruginea*, *Ravenala madagascariensis*, *Dypsis mananjarensis*, *Protium madagascariensis*, *Canarium boivinii* and *Xylopia buxifolia*. These species were used by both *E. rufifrons* and *V. variegata*.

Group 4 consisted of *Ravenala madagascariensis*, *Tabernaemontana madagascariensis*, *Brochoneura rara*, *Dypsis fibrosa*, *Suregada celastroides*, *Dalbergia baronii*, *Landolphia gummifera*, *Drypetes madagascariensis*, *Carissa edulis*, *Schefflera* sp., *Dypsis lineata* and *Symphonia tanalensis*. These species were used by *V. variegata*.

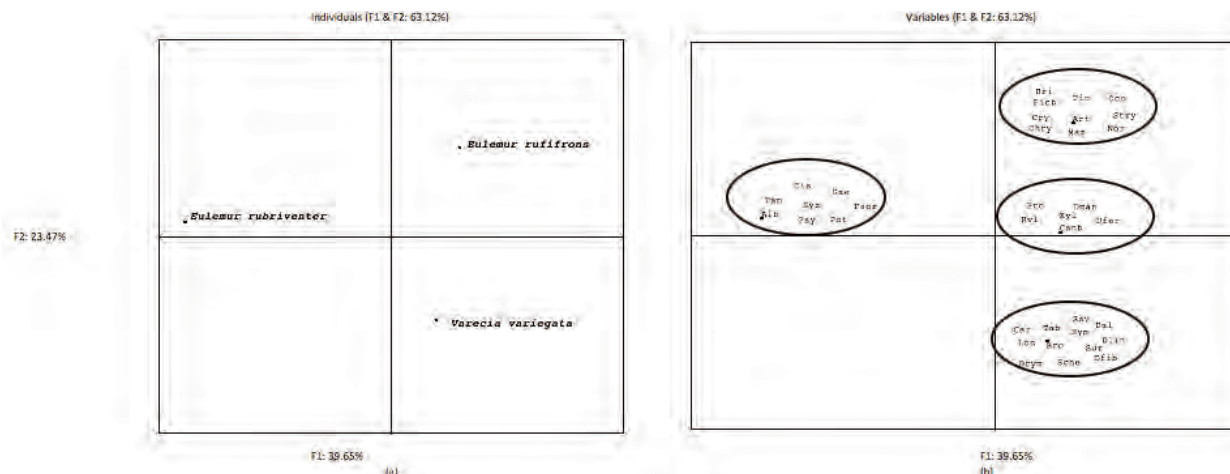


Fig. 3: Factorial Plan of Correspondence Analysis (COA) following the axes F1 and F2 for lemurs (a) and plant species (b).

Tab. 3: Abbreviations used in the Correspondence Analysis (COA) in the distribution of lemurs along transects in Vato-vavy, Karakandatra and Tsitola forest fragments

Abbreviations	Significations	Abbreviations	Significations
Alb	<i>Albizia lebbeck</i>	Mam	<i>Mammea perrieri</i>
Art	<i>Artocarpus integrifolia</i>	Nor	<i>Noronhia urceolata</i>
Bri	<i>Bridelia tulasneana</i>	Oco	<i>Ocotea cymosa</i>
Bro	<i>Brochoneura rara</i>	Pot	<i>Potameia madagascariensis</i>
Canb	<i>Canarium boivinii</i>	Pro	<i>Protium madagascariensis</i>
Car	<i>Carissa edulis</i>	Psy	<i>Psychotria macrochlamys</i>
Chry	<i>Chrysophyllum boivinianum</i>	Rav	<i>Ravenea madagascariensis</i>
Cis	<i>Cissus alata</i>	Rvl	<i>Ravenala madagascariensis</i>
Cry	<i>Cryptocarya myristicoides</i>	Sche	<i>Schefflera</i> sp.
Dac	<i>Dombeya acrifolia</i>	Stry	<i>Strychnos madagascariensis</i>
Dal	<i>Dalbergia baronii</i>	Sur	<i>Suregada celastroides</i>
Dfib	<i>Dyopsis fibrosa</i>	Sym	<i>Symphonia tanalensis</i>
Dlin	<i>Dyopsis linea</i>	Syz	<i>Syzygium emirnense</i>
Dman	<i>Dyopsis mananjarensis</i>	Tab	<i>Tabernaemontana madagascariensis</i>
Drym	<i>Drypetes madagascariensis</i>	Tam	<i>Tambourissa thouvenotii</i>
Ficu	<i>Ficus baronii</i>	Tin	<i>Tinopsis phellocarpa</i>
Fsor	<i>Ficus soroceoides</i>	Ufer	<i>Uapaca ferruginea</i>
Gae	<i>Gaertneria macrostipula</i>	Utho	<i>Uapaca thouarsii</i>
Lon	<i>Landolphia gummifera</i>	Xyl	<i>Xylopia buxifolia</i>

Influence of structural characteristics on the presence of each lemur species in all transects

Axis F₁ in the Principal Component Analysis on Instrumental Variables (PCAIV) discriminated lemur species according to their preference in biovolume and basal area of trees (Fig. 4). *E. rufifrons* and *E. rubriventer* were located on transects with larger basal area and biovolume of trees than were *V. variegata*. Tree density and basal area were positively correlated in the PCAIV analysis, meaning *E. rubriventer* and *E. rufifrons* were also found in areas of higher tree density than *V. variegata* was. *V. variegata* and *E. rufifrons* were found in all three forest fragments, while *E. rubriventer* was seen in both Tsitola and Vato-vavy, but not in Karakandatra, the forest fragment with the lowest basal area of trees.

Axis F₂ discriminated lemur species mainly according to their preferences in canopy openness (Fig. 4). *E. rubriventer* was found in very closed canopy areas of the forest, while *E. rufifrons* was located in either slightly open canopy or closed canopy and *V. variegata* was found in slightly open canopies on average.

Discussion

Karakandatra had the lowest canopy cover and basal area of trees of the three forest fragments. This may be related to the fact that this forest is the farthest from the conservation and reforestation activities of Kianjavato Ahmanson Field Station. In general, forest fragments that are associated with fewer conservation efforts in this area tend to have lower encounter rates of lemurs (Holmes et al., 2015). This may also explain why *E. rubriventer* was absent from this fragment.

V. variegata and *E. rufifrons* used mostly fragrant families such as Burseraceae, Anacardiaceae and Sapindaceae and families with latex such as Moraceae, Euphorbiaceae and Gentianaceae. These families have odorant and pulpy fruits, which may attract these two highly frugivorous lemur species. These results are consistent with those of Manjaribe (2014). *V. variegata* was able to use areas with lower biovolume, lower basal area, and lower canopy cover than the other two species. This suggests that this species can persist in mildly degraded forest, a fact supported by a behavioral and ranging study of *V. variegata* in fragmented forest in Mantadia National Park (Randriahaingo, 2011). That said, *V. variegata* is also known to be sensitive to some forms of degradation, including selective logging (White et al., 1995) and cyclones (Ratsimbazafy, 2002). As basal area and tree density were correlated in this study, and tree density can be higher in disturbed versus undisturbed areas (e.g. Balko, 1998), it may indicate that this species is sensitive to some forms of degradation but not others, or to certain degrees of degradation. We recommend differentiating between various measures of disturbance (e.g. canopy cover, tree size distribution, and visual signs of active logging, fires, or charcoal production) in future studies.

E. rufifrons may be less sensitive to forest degradation than *V. variegata* (Herrera et al., 2011), however this species appears to be less numerous than *V. variegata* in Karakandatra (unpublished data). This may be due to factors other than forest structure, for example bushmeat hunting. *Eulemur* species are some of the most widely hunted lemur species throughout eastern Madagascar (Golden, 2009; Jenkins et al., 2011), and may be more sensitive to hunting than to chang-

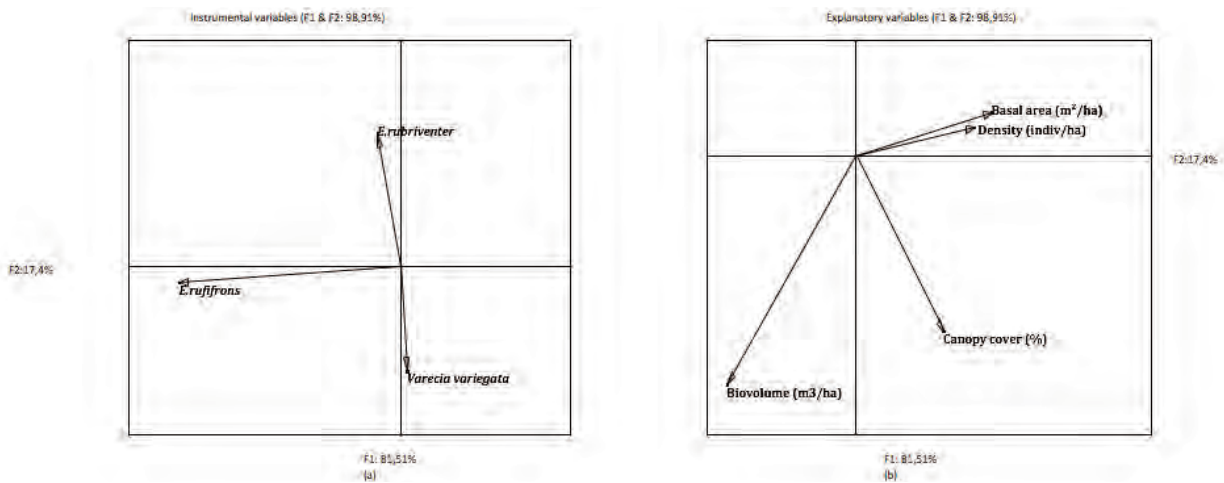


Fig. 4: Factorial Plan of Principal Component Analysis on Instrumental Variables (PCAIV) following the axes F1 and F2 for lemurs (a) and vegetation characteristics (b).

es in forest structure in some areas (Borgerson, 2015). *E. rufifrons* in particular is one of the most commonly hunted lemurs in the Kianjavato region (Louis Jr., pers. obs.). In this study, *E. rubriventer* showed a stronger preference for closed canopy habitats than the other two species, indicating potential sensitivity to forest disturbance. This was also the only species to be absent from the smallest and most disturbed of the three forest fragments. This is congruent with the results of Andriambololoniaina (2009) in Ranomafana and Andriamasimanana et al. (2001) in the Mantadia-Zahamena corridor, which revealed that *E. rubriventer* is sensitive to forest quality degradation and that individuals of this species are most commonly seen in forest with closed canopy.

This research was not exhaustive, and future research should extend the study both in time and space by surveying other forest fragment habitats of these lemurs over at least a full year to encompass seasonal variations. This could give us a better idea of the potential range limitations and/or preferred habitat of these at-risk species. It would also be interesting to monitor the phenology of trees along survey transects to examine potential food sources in each forest fragment.

Acknowledgements

We are grateful to the Government of Madagascar for permission to conduct research. We thank all of the technicians who assisted in data collection, the communities surrounding the forests for supporting our surveys, Madagascar Biodiversity Partnership (NGO) and the University of Antananarivo for their collaboration. This project was funded by Primate Conservation, Inc., Conservation International's Primate Action Fund, Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada, and the University of Calgary.

References

Andriamampianina, F.S. 2013. Biology, ecology and conservation status of some species consumed by *Varecia variegata* in Kianjavato (Region Vatovavy Fitovinany Southeast of Madagascar). DEA thesis, University of Antananarivo, Madagascar.

Andriamasimanana, H.R.; Rabenandrasana; Raminoarisoa, V.; Mary, C.V.; Ratelolahy, J.F.; Rakotonirainy, E.O. 2001. Effects of fragmentation on rainforest bird populations and lemurs in the Mantadia Corridor-Zahamena. *Lemur News* 6: 18.

Andriambololoniaina, F.M.V. 2009. Influence of the forest quality on the lifestyle of the species *Eulemur rubriventer* (I. GREFFROY, 1850) in the Ranomafana National Park. DEA thesis, University of Antananarivo, Madagascar.

Balko, E.A. 1998. A behaviorally plastic response to forest composition and logging disturbance by *Varecia variegata variegata* in Ranomafana National Park, Madagascar. Dissertation, State University of New York College of Environmental Science and Forestry, New York.

Bremer, B.; Bremer, K.; Chase, M.W.; Fay, M.F.; Reveal, J.L.; Soltis, D.E.; Stevens, P. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105-121.

Borgerson, C. 2015. The effects of illegal hunting and habitat on two sympatric endangered primates. *International Journal of Primatology* 36: 74-93.

Dawkins, H.C. 1959. The management of natural tropical high forest to Uganda. Commonwealth forestry, Institute University of Oxford, England.

Gautier, L. 1994. Structure et flore de la forêt sur la pente d'Andranomay. Pp 15-29. In Rakotonirainy, D.; Gautier, L.; Chatelain, C. et Spichiger, R. *Série Sciences Biologiques*.

Golden, C.D. 2009. Bushmeat hunting and use in the Makira Forest north-eastern Madagascar: a conservation and livelihoods issue. *Oryx* 43(3): 386-392.

Godron, M. 1968. Relevé méthodique de la végétation et du milieu. Centre national de la Recherche scientifique. France.

Goodman, S.M.; Rasoanoro, M.R.; Ramasindrazana, B. 2014. The fight of the Kianjavato-Vatovavy area, eastern lowland central Madagascar. *Malagasy Nature* 8: 89-102.

Herrera, J.P.; Wright, P.C.; Lauterbur, E.; Ratovonjanahary, L.; Taylor, L.L. 2011. The Effects of Habitat Disturbance on Lemurs at Ranomafana National Park, Madagascar. *International Journal of Primatology* 32: 1091-1108.

Holmes, S.M.; Baden, G.; Brennehan, R.A.; Enberg, S.E.; Louis Jr., E.E.; Johnson, S.E. 2013. Patch size and isolation affect genetic patterns in black-ruffed lemur and white (*Varecia variegata*) populations. *Conservation Genetics* 14: 615-624.

Holmes, S.M.; Yaney-Keller, A.M.; Rafidimanana, D.V.; Andrianantenaina, H.M.; Louis Jr., E.E.; Johnson, S.E. 2015. Lemur population surveys in the Kianjavato region. *Lemur News* 19: 9-11.

IUCN. 2015. Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org Downloaded on 01 June 2016.

Jenkins, R.K.B.; Keane, A.; Rakotoarivelo, A.A.; Rakotomboavonjy, V.; Randrianandrianina, F.H.; Razafimanahaka, H.J.; Ralaivimala, 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(12): e27570. Doi: 10.1371/journal.pone.0027570.

Joromampionona, A.N. 2013. Ecology and multiplication of the species consumed by *Varecia variegata* and *Eulemur rufifrons* for reforestation at Kianjavato. DEA thesis, University of Antananarivo, Madagascar.

Lehman, S.M. 2007. Spatial variations in *Eulemur fulvus rufus* and *Lepilemur mustelinus* densities in Madagascar. *Folia Primatologica* 78: 46-55.

Manjaribe, C. 2014. Reforestation and ecological restoration of forest fragments Kianjavato from seeds dispersed by *Varecia variegata editorum* and *Eulemur rufifrons*. Ph.D. thesis, University of Antananarivo, Madagascar.

- Mittermeier, R.A.; Hawkins, F.; Louis Jr., E.E. 2010. Lemurs of Madagascar. 3rd edition. Conservation International Publisher: USA.
- Mittermeier, R.A.; Louis Jr., E.E.; Langrand, C.S.; Gauthier, C.-A.; Rylands, A.B.; Rajaobelina, S.; Ratsimbazafy, J.; Rasoloarison, R.; Hawkins, F.; Roos, C.; Richardson, M.; Kappeler, P.M. 2014. Lémuriens de Madagascar. Museum Conservation International. Paris.
- Myers, N.; Mittermeier, R.; Mittermeier, C.; Da Fonseca, G.; Kent, G. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Randriahaino, H.N.T. 2011. Comparative study of behavior and territories of two groups of *Varecia variegata editorium* in the Mantadia National Park. DEA thesis, University of Antananarivo, Madagascar.
- Ratsimbazafy, J.H. 2011. La Primatologie: un outil de conservation (cas des lémuriens de Madagascar). HDR thesis, University of Antananarivo, Madagascar.
- Razafindratsima, O.H.; Jones, T.A.; Dunham, A.E. 2014. Patterns of movement and seed dispersal by three lemur species. *American Journal of Primatology* 76(1): 84-96.
- Struhsaker, T.T. 1981. Census methods for estimating densities. Pp 36-80. In *Populations Socon.* (eds). Techniques for the study of primate population ecology. National Academy Press, Washington.
- 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. IUCN SSC Primate Specialist Group, Bristol. Conservation and Science Foundation, and Conservation International. 185 pp.
- Vences, M.; Wollenberg, K.C.; Vieites, D.R.; Lees, D.C. 2009. Madagascar as a model area of species diversification. *Trends Ecol. Evol* 24: 456-465.
- White, F.J.; Overdorff, D.J.; Balko, E.A. & Wright, P.C. 1995. Distribution of ruffed lemurs (*Varecia variegata*) in Ranomafana National Park. *Folia Primatologica* 64: 124-131.

Etude préliminaire du rythme d'activité et de l'écologie de deux groupes de *Prolemur simus* dans la forêt dégradée de Vohitrarivo, District d'Ilanadina

Toky Hery Rakotoarinivo^{1*}, Rojo Ravelojaona², Josia Razafindramanana^{1,2}, Jonah Ratsimbazafy¹

¹GERP, Lot 34 Cité des Professeurs Fort Duchesne, Ankatso, Antananarivo 101, Madagascar

²Ecole Normale Supérieure BP 881, Université d'Antananarivo, Madagascar

*Corresponding author: tokyhery10@yahoo.fr

Mots clés: *Prolemur simus*, rythme d'activité, écologie, Vohitrarivo, Ilanadina, Madagascar

Résumé

En 2008, le grand haplémur *Prolemur simus* a été découvert dans la forêt de Vohitrarivo, District d'Ilanadina, dans la partie sud-est de Madagascar. Des missions de comptage et de suivi de rythme d'activités des groupes de cette espèce ont été réalisées de mi-juillet à mi-octobre 2013. Nous avons identifié deux groupes de *P. simus*, totalisant 82 individus dont quatre petits. Leur territoire est constitué de forêt dégradée à bambou *Valiha diffusa* dont la majorité des parties appartiennent à des plantations. Le rythme d'activité suivi montre un modèle bimodal des activités et des inactivités. Pour la période inactive, *P. simus* présente 2 pics à se reposer entre 7 à 9h le matin et vers 13h l'après-midi. Pour la période active, l'animal commence à s'alimenter entre 7 à 10h et cette période augmente jusqu'à 12h. L'activité journalière de *Prolemur simus* est dominée par le repos (53 %) suivi de l'alimentation (43 %). Le bambou *Valiha diffusa*

(56 %) est le plus consommé par *P. simus* dans son régime alimentaire. L'espèce fréquente beaucoup le niveau forestier N2 (3 à 6m) lors de son activité. Le site de Vohitrarivo présente des groupes de grande taille avec environ plus de 50 individus. Pourtant, des pressions et menaces ont été observées durant cette étude notamment la destruction massive de la forêt par la pratique de la culture sur brûlis, ou tavy, de la population locale. Pour assurer la survie de *P. simus* dans ce site, la première solution devrait être basée sur la diminution des impacts négatifs de cette culture. Des sensibilisations pour responsabiliser la population locale et pour favoriser les actions en collectivité sont à entreprendre dans un but éducatif et de conservation.

Introduction

En général, *Prolemur simus* est considéré comme le plus grand lémurien de bambou (Mittermeier et al., 2010). Il semble qu'il y ait une relation étroite entre la distribution géographique et la présence de plante endémique de bambou. Son habitat, autrefois répandu dans presque toute l'île, est très restreint (Godfrey et al., 2004). Cet animal été supposé éteint durant les années 1900, redécouvert dans le sud-est entre 1960 et 1970 (Meier et Rumpler, 1987) et récemment découvert dans la partie est (Dolch et al., 2004; Dolch et al., 2008). Récemment, la découverte de *Prolemur simus* dans le sud-est de Madagascar, dans la Commune Rurale de Tsaratanàna (Helpsimus, 2013) a changé les informations sur la distribution de cette espèce à Madagascar et a apporté un peu plus d'information sur l'aire de répartition actuelle de cette espèce dans la nature. Une prospection successive entretenue par une équipe de divers chercheurs et organismes tel que GERP, Helpsimus et The Aspinall Foundation (TAF) à partir de 2008 reflète la présence de cette espèce dans quelques nouvelles localités de district d'Ilanadina (Vohitrarivo) (Helpsimus, 2013, 2014). D'autres nouveaux sites abritant cette espèce ont aussi été découverts par cette équipe dans le district de Brickaville notamment Andriantantely, Sahavola et Ambafary et Torotorofotsy dans la région d'Andasibe-Mantadia (TAF, 2008). La population sauvage de cette espèce est actuellement estimée à peu près à 600 individus divisés en petite population répartie dans la partie est de Madagascar, la plupart d'entre elles sont localisées dans des zones non protégées (Helpsimus, 2013).

La forêt dégradée de Vohitrarivo Ilanadina, dominée par des bambous à *Valiha diffusa* (King et al., 2013), abrite plusieurs groupes de cette espèce, *Prolemur simus*. C'est le seul site qui renferme des groupes de grande taille allant de 30 individus (Helpsimus, 2009); ainsi il joue un rôle important dans la conservation de cette espèce. Suite à la découverte de *P. simus* dans ce site, des guides patrouilleurs ont été formés et embauchés par Helpsimus dans le suivi de groupes de cette espèce.

Un programme de recherche a été mené de juillet à octobre 2013. Cette présente étude a essayé de voir l'impact de l'écologie de *P. simus* et aussi de mettre à jour les données scientifiques sur cette espèce.

Méthodologie

Site d'étude

La Commune rurale de Tsaratanàna où se trouve la forêt de Vohitrarivo constitue notre site d'étude. Elle se situe dans la partie sud-est de Madagascar à environ 530 km d'Antananarivo en suivant la route RN7 menant vers Fianarantsoa (Fig. 1). En prenant la direction sud est à partir de Ranomafana, la Commune rurale de Tsaratanàna est à 40 km de ce

parc national et à 16 km du croisement avant d'arriver à Ifanadiana. Le village de Vohitrarivo se trouve à 4 km de la commune et le campement à 1 km de ce village. Le campement se trouve au 21°17.458' Sud et 47°60.484' Est, avec une altitude de 460 m.

Suite à la découverte de *Prolemur simus* dans la zone en 2008 (Helpsimus, 2013), des guides patrouilleurs ont été embauchés et formés et effectuent un suivi hebdomadaire des 2 groupes présents. Ces patrouilleurs effectuent depuis un suivi de 3 jours par semaine des groupes dans le cadre du projet «Bambou Lemur» de Helpsimus.

La forêt de Vohitrarivo est en continuité avec le parc national de Ranomafana. Administrativement, la commune rurale de Tsaratanàna fait partie du district d'Ilanadiana, de la région du Vatovavy Fitovinany et de la province de Fianarantsoa. Le type d'habitat est une forêt secondaire dégradée, fragmentée constituée essentiellement de bambou appelé localement «vologasy» (*Valiha diffusa*), habitat préférable et principale source alimentaire pour l'espèce *Prolemur simus*, et quelques pieds de ravinala (*Ravenala madagascariensis*) et *Psorospermum lanceolatum* ou Anjavidy. Elle abrite aussi d'innombrables plantes envahissantes telles *Clidemia hirta* (vototrokala), *Aframomum angustifolium* (longoza) dont les fruits et les tiges sont aussi consommés par les *P. simus*.

Recherche des groupes et Collecte des données sur les activités de *Prolemur simus*

Afin de localiser et mieux connaître le comportement de *Prolemur simus*, nous avons utilisé la méthode de patrouille qui consiste en la prospection directe du lieu de fréquentation habituel des groupes en partant de traces telles que les restes de nourriture frais laissés par l'animal, les fèces fraîches ou la forte odeur d'urine. Dans la forêt, l'observateur ne doit pas faire le moindre de bruit pour ne pas déranger les animaux. Le groupe a été parfois localisé à partir de son déplacement et des mouvements qu'il effectue. Chaque fois que nous avons trouvé des individus, les paramètres suivants ont été notés: date et heure d'observation,

point GPS, nombre d'individus dans le groupe, composition du groupe, activité du groupe, plante et parties consommées. Les observations de nos animaux en pleine forêt se font régulièrement le jour (observation diurne) et ils sont suivis de manière continue de 7h du matin à 17 h du soir. Notre étude a été faite durant la saison sèche.

Pour évaluer quantitativement les différentes catégories d'activité des animaux dans la forêt, on a adopté la méthode «Scan group sampling» (Altman, 1974) qui consiste à observer le comportement des individus du groupe. L'enregistrement des données se fait par intervalle de 5 minutes. Pour les activités générales; elles ont été écrites selon les sigles suivants: Repos/Resting (R) ou L'animal reste immobile ou inactif (assis ou couché), endormi ou éveillé, déplacement/ Travelling (T) (ou le déplacement plus de 3 m), Mouvement/ Moving (M) (ou le déplacement de moins de 3 m), Alimentation/Feeding (F) ou en tenant compte de la cueillette, de la prise de l'aliment par la main et la mastication par l'animal, et autres activités.

Niveaux des strates utilisés par *Prolemur simus*

L'estimation de la hauteur où se trouve l'animal se fait par observation directe, c'est la hauteur par rapport au sol.

Nous avons subdivisé quatre (4) niveaux ou strates de végétation fréquentées par le groupe *P. simus*:

Niveau 0 (N0), lorsque l'animal se trouve au sol ou à une hauteur de moins de 1 m.

Niveau 1 (N1), lorsque l'animal se trouve à une hauteur comprise entre 1 m et 3 m, sur la base des troncs d'arbres ou sur les branches d'arbustes.

Niveau 2 (N2), lorsque l'animal se trouve à une hauteur comprise entre 3 m et 6 m.

Niveau 3 (N3), lorsque l'animal se trouve à une hauteur supérieure à 6 m

Domaine vital des groupes de *Prolemur simus*

Les données GPS ont été traitées dans le logiciel Arc View 3.2 pour calculer la surface du domaine vital des groupes



Fig. 1: Carte de localisation du site de Vohitrarivo.

étudiés. Il a été estimé par le calcul du Minimum Convexe Polygone (MCP). Ces points ont été enregistrés à chaque fois que le groupe change de domaine vital à une distance environ de 50 m.

Identification des facteurs menaçant la survie de *Prolemur simus*
Au cours de nos déplacements en forêt, nous avons enregistré tous les évènements constituant des menaces pour *P. simus*. Pour avoir de plus amples informations, nous avons aussi procédé à des enquêtes auprès des gens riverains, surtout les personnes passant dans la forêt et celles qui y habitent. L'enquête constituait en une discussion simple en enregistrant les réponses des villageois. Les données collectées ont été traitées par le biais du logiciel statistique XLstat 2008.

Résultats

Distribution et abondance de *Prolemur simus*

Nous avons réalisé 572 heures d'observation directe pour les deux groupes de *Prolemur simus* suivis pendant l'étude. Notre étude coïncide à la naissance des petits entre la fin de septembre et octobre. Nous avons recensé un total de 82 individus dans les deux groupes dont 78 adultes et juvéniles (qui peuvent se déplacer et chercher de la nourriture) et 4 petits encore sur la poitrine de leur mère (Tab. I). Concernant la composition des groupes, nous avons rencontré des difficultés dans la détermination du sexe des individus observés. Les raisons en sont que les groupes sont très larges, de plus ils sont farouches, rendant impossible toute observation continue.

Tab. I: Composition des groupes de *Prolemur simus* recensés pendant l'étude.

Groupe	Adultes et juvéniles	Petits	Total
1	25	2	27
2	53	2	55
Total	78	4	82

Domaine vital des groupes de *Prolemur simus* étudiés

Le domaine vital du groupe 1 se trouve dans la partie sud-ouest du village de Vohitrarivo. Il est séparé du territoire du groupe 2, localisé dans la partie nord-ouest, par une barrière naturelle de rivière nommée «*Lempona*». Cette condition physique limite la confrontation possible et le chevauchement de territoire entre ces deux groupes de *Prolemur simus*. Pendant toute observation dans la forêt de Vohitrarivo et Vohimarina nous avons enregistré 47 points pour le groupe de Vohitrarivo et 50 points pour le groupe de Vohimarina. Le domaine vital a été évalué de 21 ha pour un groupe de 25 individus (G1) et 32 ha pour le groupe de 53 individus (G2).

Rythme d'activité des deux groupes de *P. simus* dans la nature

Répartition de la période active et de la période inactive des grands hapalémurs dans la nature selon la plage horaire

La «période inactive» correspond à la période de «sommeil» et de «repos» tandis que les autres activités telles que «l'alimentation», le «déplacement», le «jeu», le «marquage» et le «toiletage» correspondent à la «période active».

La présente étude a tendance à montrer un modèle bimodal des activités et des inactivités. Pour la période inactive, *P. simus* commence très tôt le matin à se reposer et présente un pic entre 7 à 9 h. Cette période présente un 2^{ème} pic vers

l'après-midi à partir de 13h. Cette inactivité est nettement suivie par une période active qui sera justifiée par la présence de fèces fraîches le long des pistes, de tiges butinées par des mouches noires. Pour la période active, l'animal commence à s'alimenter entre 7 à 10h et cette période augmente jusqu'à 12h. Il redevient actif vers la fin de l'après-midi et augmente jusqu'à 17h du soir c'est-à-dire qu'il est crépusculaire.

La plage horaire des activités journalières de *Prolemur simus* dans la nature est représentée dans la figure 2.

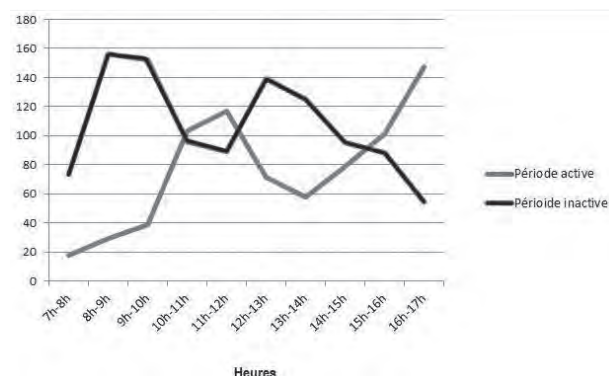


Fig. 2: Plage horaire de la période active et de la période inactive de *Prolemur simus* dans la nature.

Activités générales de *P. simus*

La figure 3 montre la répartition des activités journalières des deux groupes de *Prolemur simus*.

Repos

L'observation des activités générales des deux groupes de *Prolemur simus* montre que le repos occupe une proportion importante durant la journée de l'espèce. Le taux est de l'ordre de 53,34 % pour le petit groupe (G1) et 48,37 % pour le grand groupe (G2). L'activité de repos ne varie pas en fonction de la taille du groupe ($U=287, E=403, V=3895, p=0,065 > 0,05$). Même si nous avons constaté durant l'étude que le petit groupe consacre beaucoup plus de temps à se reposer que le grand groupe, il semble que l'activité repos ne varie pas en fonction de la taille du groupe. Ceci est probablement lié à la qualité de l'habitat où réside chaque groupe. Le site du premier groupe est beaucoup plus perturbé que celui du dernier à cause de l'aboïement fréquent des chiens domestiques auprès du village ou emmenés directement par les cultivateurs dans la forêt.

Alimentation

L'alimentation fait suite à cette dominance de repos 31,38 % pour le petit groupe (G1) et 32,28 % pour le grand groupe (G2). Après avoir appliqué le test de Mann-Whitney, les résultats ($U=325, E=418, V=4113, p=0,14 > 0,05$) montrent qu'il n'y a pas de différence significative dans l'activité alimentation entre les deux groupes de différente taille.

Déplacement

Le déplacement est assez faible par rapport aux précédentes mesures avec un taux de 13,82 % pour le petit groupe (G1) et 16,97 % pour le grand groupe (G2). Les résultats ($U=181, E=432, V=4317,13, p=0,001 < 0,05$) de l'activité de déplacement des groupes indiquent que statistiquement la différence observée est hautement significative. Ceci implique que l'activité de déplacement varie suivant la taille du groupe. Le grand groupe passe beaucoup plus

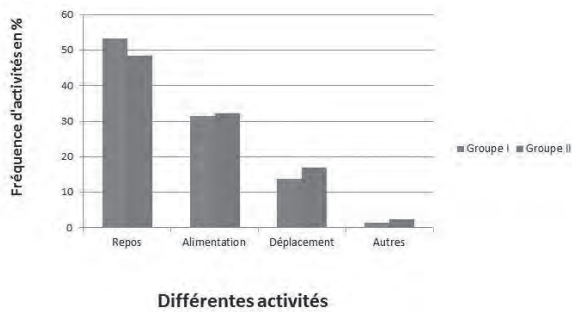


Fig. 3: Répartition des activités journalières des deux groupes de *Prolemur simus*.

de temps à se déplacer que le petit groupe. Cette activité pourrait s'expliquer par l'élargissement du territoire où les plantes de bambou sont insuffisantes.

Les autres activités telles que le bain de soleil et le breuvage, le marquage, l'agression et les cris d'alarme sont assez faible.

Parties végétales consommées par *P. simus* de Vohitrarivo

Les feuilles mûres sont autant consommées par *P. simus* que les autres parties des végétaux (Fig. 4). Cette espèce exploite majoritairement cette partie végétale dans le bambou *Valiha diffusa* (48,24 à 62,62 %) pour les deux groupes. La consommation des tiges fait suite à cette dominance, elles forment 20,16 à 40,09 % dans l'activité nourriture de *P. simus*. La tige provient surtout de la plante aromatique *Aframomum angustifolium*. La durée de consommations des autres parties végétales tel que les jeunes pousses et les jeunes feuilles sont dûment négligeables au point de vue du pourcentage qui est inférieur à 1 %. Or, ces dernières figurent parmi les nourritures clé des grands hapalémurs. La période d'étude (période sèche) influence aussi ce taux car la feuillaison et la pousse des bambous se produisent surtout pendant la saison de pluie. Nous avons remarqué aussi pendant l'étude que *P. simus* s'abreuve soit directement dans la rizière si l'occasion se présente soit il absorbe de l'eau contenu dans les tiges de bambou.

Les niveaux forestiers fréquentés par *P. simus*

Le niveau N2 (3 à 6) est le plus utilisé par les groupes de *P. simus* durant leur activité journalière mais G1 y montre un taux assez élevé comparé à G2. De même pour N3 (plus de 6m), il est de l'ordre de 7,71 contre 3,43 %. Par contre, pour l'utilisation des niveaux assez bas, les taux d'occupation sont plus grands chez G2 que ceux du G1. Les taux respectifs des

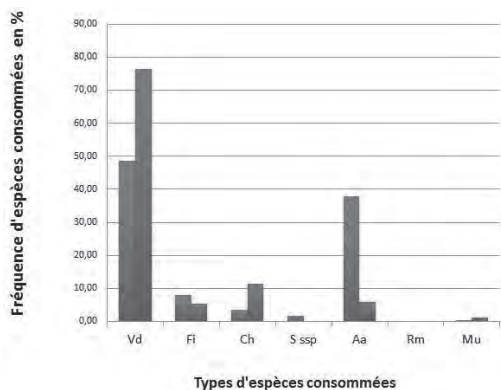


Fig. 4: Espèces de plantes consommées par les deux groupes de *Prolemur simus*. Vd: *Valiha diffusa*, Fi: *Flagellaria indica*, Ch: *Climexia hirta*, Ssp: *Saccharum spp*, Aa: *Aframomum angustifolium*, Rm: *Ravenala madagascariensis*, Mu: *Manihot ultissima*.

groupes G1 et G2 à l'utilisation du niveau N0 (0-1 m) est de 20,73 auprès de 12,05 % et pour le niveau N1 (1-3 m), il est de l'ordre de 34,11 contre 25,17 %. Ce choix pourrait s'expliquer encore une fois par la qualité du site et le degré de la dégradation du site. *P. simus*, quand ils sont très perturbés par l'oiseau prédateur aérien, restent longtemps sur le sol. La raison de cette fréquentation par le petit groupe à ce niveau moins haut est qu'il est toujours plus attentif et ce niveau garantit le milieu le plus propice pour faire face aux prédateurs tandis que le grand groupe est capable de se défendre contre ce dernier.

La figure 5 exhibe le taux d'occupation des niveaux forestiers par les deux groupes de *P. simus* lors de son activité journalière.

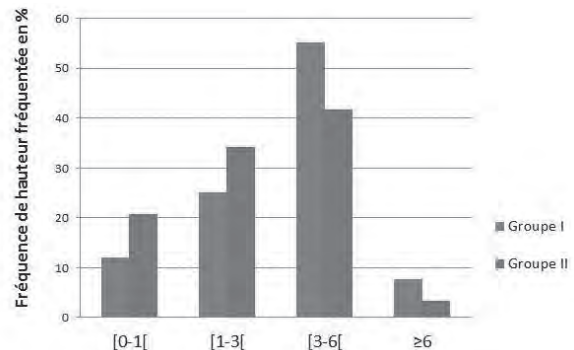


Fig. 5: Taux d'occupation des niveaux forestiers par les deux groupes de *Prolemur simus*.

Identification des pressions et menaces dans les territoires des groupes

Selon les observations faites sur le terrain et suivant l'enquête informelle menée auprès des villageois, cinq types de menaces majeures sévissant sur la survie des grand hapalémur sont enregistrés pendant le suivi (Tab. 2).

Tab. 2: Type des menaces majeures dans l'habitat de *Prolemur simus* à Vohitrarivo.

Type des pressions et menaces enregistrés	Ampleurs
Extraction des bambous pour divers usages	+++
Fabrication d'alcool artisanal à l'intérieur de la forêt	++
Passage des villageois dans les territoires des grand hapalémur	+++
La pratique de la culture sur bruli ou Tavy au dans les territoires de <i>Prolemur simus</i>	++
Piégeage des carnivores sauvages et des lémuriens	+

+++ : très sévère; ++ : moyen; + : existe mais rare

Discussions et recommandations

Le repos occupe le plus de temps durant la journée des grands hapalémurs (Andriaholinirina, 2003). Notre étude confirme une dominance d'activité de repos avec un taux de 53,34 % pour le groupe 1 et 48,37 % pour le groupe 2. Rafaliarison (2010) a découvert que *P. simus* de grande taille de Ranomafana a vu la prédominance de la fréquence de l'alimentation (50,40 %) avec 39 % de repos. L'inactivité de *P. simus* étudiés semble être en relation avec l'augmentation de la température car notre étude coïncide avec la saison sèche (septembre au décembre) et aussi à l'état physiologique des femelles fortes gestantes (septembre au octobre). Celle-ci est aussi due à la qualité de l'habitat et au nombre d'individus composant chaque groupe où le nombre d'individus des groupes étudiés est très large (25-53 individus). Quant

à Day (1997), l'alimentation occupe la journée du groupe de lémuriens habitué aux visiteurs (cas de *P. simus* de Ranomafana) et le repos pour celui de type sauvage comme le groupe de Vohitrarivo. Mais le repos semble être un indice de manque de nourriture (Milton, 1980; Randriamahaleo, 2005). Ceci est vérifié durant notre étude (période sèche) où l'insuffisance alimentaire dans leur domaine vital n'est pas assez conséquente pour fournir les ressources alimentaires plutôt calorifiques. Parfois, les animaux cessent de manger sans avoir été rassasié. L'alimentation tient la seconde place dans l'activité des groupes, bien après le déplacement.

Comparé au taux de déplacement de *P. simus* d'Ambolomavo (44,5 %) et de Ranomafana (20,3 %), le taux alloué par les deux groupes de *P. simus* de Vohitrarivo (13,82 à 16,97 %) à la même activité est assez faible. Ce résultat peut s'expliquer par les compétitions entre espèces. Pour les animaux de Vohitrarivo, la compétition avec les autres espèces notamment les petits hapalémurs exploitant la même ressource alimentaire est minime car l'espèce est plus abondante que l'espèce sympatrique *Hapalemur griseus*.

En comparant la consommation de bambou *Valiha diffusa* par *P. simus* de Vohitrarivo et de Vohimarina avec celle de *P. simus* de Sahavola à partir de l'étude faite par Mihaminekena et al. (2010), l'espèce en consomme respectivement 76,49, 48,52 et 90 %. Ce même auteur a remarqué que *P. simus* d'Ambalafary présente un taux de consommation élevé à *Bambusa vulgaris* (97 %). Selon Randrianarimanana et al. (2011), *P. simus* de Ranomainty Sakalava consomment 87,7 % de *Cathariostachys madagascariensis*. Nous avons découvert que le taux de consommation de nos animaux est assez faible. Cette différence du taux de consommation des bambous constatée entre ces différents sites dépend probablement du nombre d'individus du groupe étudié, des caractéristiques du milieu où vit l'espèce, impliquant la saison de l'étude et de la distribution inégale des pieds de bambou dans la forêt.

Le site étudié présente 3 groupes de *P. simus* (Helpsimus, 2013). Nous n'avons pu effectuer notre travail que sur les deux premiers groupes (G1 et G2). Les guides locaux ont signalé que le groupe (G3) récemment disparu, aurait auparavant été assemblé au G1, ce qui fait penser à une fission de groupe.

Rabemananjara et al. (2013) ont découvert aussi la division du groupe I en sous-groupe. Durant notre étude, nous avons constaté aussi que G2 (53 individus) sera vulnérable à une fission car une certaine séparation, c'est à dire un déplacement fréquent et loin des individus ont été remarqués durant le suivi. Ceci est évident car notre étude s'est coïncidée à la période de culture dans le site étudié du mois d'Août à Novembre correspondant à la culture sur brûlis ou «tavy» et où la pénétration et la perturbation des gens dans la forêt sont très fréquentes.

D'après les réalités présentes sur cette étude, la culture itinérante sur brûlis doit être le premier souci en vue de la conservation des ressources naturelles de Vohitrarivo. La première solution devrait être basée sur la diminution des impacts négatifs de cette culture. La sensibilisation de la population locale aux nouvelles techniques de production agricole constitue une étape à faire afin de diminuer la culture sur brûlis et le défrichement. Ainsi, des efforts de sensibilisation pour responsabiliser la population et pour favoriser les actions en collectivité sont à entreprendre de façon répétitive dans le but éducatif et de conservation.

Remerciements

Notre étude a été réalisée grâce aux apports et collaborations de diverses personnes et entités. Ainsi, notre

reconnaissance se dirige vers: le Ministère de l'Environnement de l'Ecologie et des Forêts, la direction de la Conservation de la Biodiversité et du Système d'Aires Protégées de Madagascar, qui ont délivré notre permis de recherche. L'association Helpsimus présidée par Madame Delphine Rouillet, le Parc National de Ranomafana dirigé par Madame Josiane Rakotonirina, le GERP et les autorités locales de la commune rurale de Tsaratanana et du fokontany Vohitrarivo. A tous les guides et cuisiniers du projet «bamboo lemur» de Vohitrarivo. L'étude a été financée par l'Association Française pour la Sauvegarde de Grand Hapalémur ou Helpsimus.

Références

- Altmann, J. 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behavior* 49: 227-267.
- Andriaholinirina, V.N.; Fausser, J.L.; Rabarivola, C. 2003. Etude de comparative de *Hapalemur simus* (Gray, 1870) de deux sites de province autonome de Fianarantsoa, Madagascar: forêt dégradée d'Ambolomavo et forêt secondaire du Parc National de Ranomafana. *Lemur news* 8: 9-13.
- Day, S.R. 1997. Essai de comparaison des activités et comportements entre deux groupes d'Indris habitués aux visiteurs et un groupe d'Indri sauvage de la Réserve Spéciale d'Analama-zotra. Ecole Normale Supérieure. Madagascar, Université d'Antananarivo.
- Dolch, R.; Hilgartner, R.; Ndriamiary, J.N.; Randriamahazo, H. 2004. The grand mother of all bamboo lemurs: evidence for the occurrence of *Hapalemur simus* in fragmented rainforest surrounding the Torotorofotsy marshes, central eastern Madagascar. *Lemur News* 9: 24-26.
- Dolch, R.; Fiely, J.L.; Ndriamiary, J.N.; Rafalimandimby, R.; Randriamampionona, R.; Engberg Ande, S.E.; Louis Jr., E.E. 2008. Confirmation of the greater bamboo lemur, *P. simus*, north of the Torotorofotsy wetlands, eastern Madagascar. *Lemur news* 13: 14-17.
- Godfrey, L.R.; Simons, E.L.; Jungers, W.L.; Deblieux, D.D.; Chattrath, P.S. 2004. New discovery of subfossil *Hapalemur simus*, the greater bamboo lemur, in western Madagascar. *Lemur News* 9: 9-11.
- Helpsimus. 2013. Rapport annuel. <<http://helpsimus.org/blog>>
- King, T.; Randrianarimanana, H.L.; Rakotonirina, L.H.; Mihaminekena, T.H.; Andrianandrasana, Z.A.; Ratolojanahary, M.; Randriaingy, H.N.; Ratolojanahary, T.; Rafalimandimby, J.; Bonaventure, A.; Rajanison, A. 2013. 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.
- Meier, B.; Rumpler, Y. 1987. Preliminary survey of *Hapalemur simus* and of a new species of *Hapalemur* in eastern Betsileo, Madagascar. *Primate Conservation* 8: 40-43.
- Mihaminekena, T.H.; Ravaloharimanitra, M.; Ranaivosoa, P.; Ratsimbazafy, J.; King T. 2010. Abondance et conservation de *P. simus* dans les sites de basse altitude de Sahavola et Ambalafary, District de Brickaville. *Lemur News* 16: 11-15.
- Milton, K. 1980. The foraging strategy of howler Monkeys: a study primate economics. New York, Colombia University.
- Mittermeier, A.R.; Louis Jr., E.E.; Richardson, M.; Schwitzer, C.; Langrand, O.; Rylands, A.B.; Hawkins, F.; Rajaobelina, S.; Ratsimbazafy, J.; Mackinnon, J. 2010. *Lemurs of Madagascar*, third edition. Conservation International, Washington D.C.
- Rabemananjara, Z.; Sauval, V. 2013. Etude comportementale et régime alimentaire de deux groupes de *P. simus* dans le village de Vohitrarivo et Vohimarina, Ifanadiana-Ranomafana. Rapport sommaire de terrain.
- Rafalison, R. 2010. Activités générales de *P. simus*: Période de transition saison sèche saison de pluies et activité de la femelle après mise bas dans le Parc National Ranomafana. Mémoire DEA. Département de Paléontologie et d'Anthropologie Biologique, Faculté des Sciences. Université d'Antananarivo.
- Randriamahaleo, S. 2005. Effets de la dégradation de la forêt et des impacts sur les activités sociales de *Propithecus edwardsi* (A. Grandidier, 1871) dans les sites Talataky et Valohoaka du Parc national de Ranomafana. Mémoire DEA. Département de Paléontologie et d'Anthropologie Biologique, Faculté des Sciences. Université d'Antananarivo.
- Randrianarimanana, L.; Ravaloharimanitra, M.; Ratolojanahary, T.; Rafalimandimby, J.; Rasolofoharivelo, T.; Ratsimbazafy, J.; Dolch, R.; King, T. 2011. Statut et conservation de *P. simus*

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.; Yousouf; 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: 776–792.

TAF. 2009. Projet Varibolomavo: Sauver *Prolemur simus*-Premiers résultats et actions immédiates. The Aspinall Foundation, Antananarivo, Madagascar.

Une éducation environnementale en faveur de la conservation des grands hapalémurs (*Prolemur simus*, CR) et de la biodiversité, dans les écoles de Vohitrarivo et de Sahofika, District d'Ilanadiana, sud-est de Madagascar

Toky Hery Rakotoarinivo^{1*}, Josia Razafindramana^{1,2*}, Rojo Ravelojaona², Delphine Rouillet³, Jonah Ratsimbazafy¹, Hantanirina Rasamimanana²

¹GERP, Lot 34 cités des Professeurs, BP 779 Antananarivo, Madagascar

²Ecole Normale Supérieure, BP 881 Université d'Antananarivo, Madagascar

³Parc Zoologique de Paris, Museum National de l'Histoire Naturelle, 53 avenue de Saint Maurice, 75012 Paris, France

*Corresponding authors: tokyheri10@yahoo.fr, r_josia@hotmail.com

Mots clés: Education environnementale, Conservation, *Prolemur simus*, Vohitrarivo, Sahofika, Ilanadiana.

Résumé

Des séries de séances d'Education Environnementale (EE) ont été effectuées dans les deux Ecoles Primaires Publiques de Vohitrarivo et Sahofika, dans la commune rurale de Tsaratanana, district d'Ilanadiana, au sud-est de Madagascar. Elles ont pour but de sensibiliser et d'éduquer les jeunes de la préservation de la biodiversité en générale et la sauvegarde de l'espèce en danger critique, *Prolemur simus* en particulier. Avant toute intervention, les instituteurs de ces écoles ont reçu une formation pour se familiariser à ces objectifs. Au total, 8 instituteurs ont été formés repartissant dans trois établissements. Deux-cent-six élèves (93 à Vohitrarivo et 113 à Sahofika) ont assisté aux séances de l'EE pendant trois jours. Le premier jour a été consacré à un exposé concernant l'environnement en générale, la dégradation de la forêt à Madagascar et la disparition des lémuriens géant depuis l'arrivée de l'homme, la diversité des lémuriens actuels et l'histoire de la conservation de l'espèce en danger critique *Prolemur simus* avec des supports. Le deuxième jour a été dédié au test de compréhension individuel de l'exposée de la veille: question-réponse, carte de Madagascar à ordonner suivant une suite logique, photos des lémurs bambous (*Prolemur simus*, *Hapalemur aureus*, *Hapalemur griseus*) à identifier avec leur nom correspondant, collecte de perception des élèves pour la protection de l'environnement et de dessin individuel relatif à l'environnement. Et le troisième jour a été réservé aux activités de groupes: activités ludiques: jeux de reflexe et de rapidité, activités de conservation: petite histoire de trois espèces de lémurs bambous, activités en

santé et hygiène: nettoyage de la cour, création de fosse à ordures et installation de système lave main ou Tip Tap. Des prix ont été distribués aux meilleurs élèves pour les encourager au profit de l'environnement. Comme résultats, la plupart des élèves ont retenu quelques mots clés et ont commencé à comprendre les gestes écologiques pour la protection de l'environnement et la conservation de lémuriens comme *Prolemur simus*.

Abstract

A series of Environmental Education (EE) sessions was conducted in two state primary schools in Vohitrarivo and Sahofika, in the Commune of Tsaratanana, District of Ilanadiana, in southeastern Madagascar. The goal was to sensitize and educate young people about biodiversity conservation in general and the protection of the endangered greater bamboo lemur in particular. Before interventions with students, the teachers of these schools were trained to be familiar with the objectives of the sessions. In total, eight teachers from three primary schools were trained. Two hundred and six students (93 in Vohitrarivo and 113 in Sahofika) participated in the EE sessions, which were conducted over a three-day period. The first day was devoted to presentations concerning the general context of the environment, habitat destruction and forest loss, the extinction of the giant lemurs since the arrival of humans in Madagascar, current lemur diversity and background information on the Critically Endangered (CR) species *Prolemur simus*. The second day focused on evaluating comprehension of the presentations from the previous day, using the following evaluation tools: questions and answers, arranging maps of Madagascar according to environmental degradation and identification of bamboo lemur species using different photos (*Prolemur simus*, *Hapalemur aureus*, *Hapalemur griseus*), and collecting information on students' perception of conservation and their role in environmental protection. The third day was reserved to some practical activities including games on conservation, storytelling on the three species of bamboo lemur, and health and hygiene activities such as cleaning the school yard, constructing garbage cans and setting up a hand-washing system (Tip Tap). Awards were given to the best students in implementing the activities. Overall, the students from both schools were satisfied with the EE program and were able to retain key words regarding environmental protection and lemur conservation.

Introduction

Un programme d'éducation relative à l'environnement a été installé dans les sites d'interventions pour la conservation du grand hapalémur (*Prolemur simus*) dans la commune rurale de Tsaratanana, district d'Ilanadiana, au sud-est de Madagascar. Il a pour objectifs d'initier et de familiariser les écoliers à connaître la valeur de la biodiversité en générale et la conservation des lémuriens en particulier.

Prolemur simus (CR, UICN, 2017) est l'une des espèces lémuriens les plus menacées de Madagascar. Elle a été dans la liste des 25 primates en péril pendant plusieurs années. Mais grâce aux mesures de conservation entrepris, cette espèce a sorti de cette liste en 2012. Depuis la découverte du grand hapalémur à Vohitrarivo et à Sahofika, ces localités sont parmi les sites prioritaires pour la conservation de cette espèce. En effet, ils hébergent à eux seuls le tiers de la population vivant à Madagascar (Helpsimus, 2013). Pourtant une forte dégradation de la forêt a été constatée à Vohitrarivo (Ravelojaona et al., 2013; Rakotoarinivo et al.,

2014), due aux pratiques humaines inchangées à savoir la culture sur brûlis ou tavy, la coupe de bambous, l'utilisation du bois comme source d'énergie et la chasse.

L'Association Helpsimus a pour mission de sauvegarder le grand hapalémur (*Prolemur simus*) à Madagascar en mettant en œuvre des programmes de conservation qui associent un suivi scientifique de l'espèce, la protection de son habitat, l'aide au développement des villages riverains des groupes de grands hapalémurs et le financement de l'éducation des enfants (Helpsimus, 2013).

Les actions de sensibilisation ciblant les communautés locales devraient se renforcer et s'intensifier afin que les gens soient capables de comprendre l'importance de la conservation du grand hapalémur aussi bien sur le plan environnemental qu'économique.

Par conséquent, une éducation environnementale (EE) a été menée dans les écoles primaires de ces deux fokontany (Vohitrarivo et Sahofika). Les élèves sont les cibles de ce programme non seulement parce qu'il concerne la protection de l'environnement pour leur avenir, mais aussi parce qu'ils jouent le rôle de modèle auprès de leur famille et de la communauté. L'éducation constitue un moyen durable pour responsabiliser les enfants et la communauté locale à prendre des décisions adéquates pour protéger l'environnement. De plus, cette mission consiste aussi à faire une formation sur l'importance de la conservation de la biodiversité et l'écologie des lémuriens aux instituteurs et aux animateurs locaux. Le but est de leurs inculquer l'importance d'une bonne communication et d'un bon comportement dans leur travail.

Méthodologie

Visite de courtoisie

Le travail a été initié par des visites de courtoisie auprès de la Circonscription Scolaire (CISCO) d'Ilanadiana, de la Zone d'Administration Pédagogique (ZAP) de Tsaratanana, des chefs d'établissement de deux écoles et des chefs fokontany de deux sites. Le but de ces rencontres a été d'informer l'intention de l'équipe sur la réalisation et les objectifs de ce programme d'EE, en collaboration avec les différentes parties prenantes dans les sites d'action. Ces visites de courtoisie sont nécessaires dans la culture Malgache.

Formation des instituteurs

Une formation d'une journée des instituteurs avait été donnée pour renforcer leur capacité. La formation consiste à renforcer la capacité des enseignants-instituteurs dans la connaissance de base sur la biodiversité, les lémuriens et l'histoire de la conservation des grands hapalémurs à Madagascar, et particulièrement dans la commune de Tsaratanana. La séance a été composée de série de présentations sur les thèmes, des exercices pratiques et l'application de ces connaissances dans l'enseignement. Des séances de questions-réponses aussi ont été organisées pour laisser les instituteurs débattre et analyser la situation et les solutions des problèmes environnementaux.

EE pour les écoliers

Pour l'EE à l'école, une méthodologie simple, pratique et compréhensible a été utilisée pour instruire les jeunes écoliers. Toutes les explications ont été faites en Malgache avec l'appui fondamental des supports pédagogiques et des documents (posters, livre de poche *Lémuriens de Madagascar* (Mittermeier et al., 2010), dépliants) afin que les leçons soient bien transmises. L'intervention s'est déroulée sur trois jours pour chaque école.

Intervention du premier jour: Exposé général sur les trois thèmes ci-dessous (Fig. 1).

Tous les élèves furent regroupés dans une grande salle. Des badges de couleur comportant leur nom et leur classe leur ont été distribués. Les élèves de Vohitrarivo portaient des badges jaunes tandis que bleus pour ceux de Sahofika.



Fig. 1: Exposé sur les différents thèmes pendant le premier jour de l'Education Environnementale.

Les cours sont alternés par des animations divers pour que les élèves ne s'endorment pas (Fig. 2).

1. *Environnement en général ou «Ny tontolo iainana amin'ny ankapobeny»*
La définition de l'environnement en général et l'interdépendance des principaux éléments qui les constituent, ont été expliquées aux élèves.
2. *Dégradation de la forêt à Madagascar «Ny fahampotehan'ny Ala teto Madagasikara»*
Une explication du processus de la dégradation de la forêt à Madagascar depuis l'arrivée de l'homme jusqu'à l'ère actuel a été le moyen utilisé pour conscientiser les élèves pour être responsable à la protection de l'environnement et à la conservation de la biodiversité. L'évolution des lémuriens a été expliquée aux élèves, en relation avec la dégradation de la forêt, depuis l'arrivée de l'homme et leur statut actuelle. Comme exemple particulier, la répartition géographique et le statut de *Prolemur simus* auparavant et actuellement.
3. *Généralité sur les lémuriens de Madagascar, la conservation de grand hapalémur ou «Ny Varika eto Madagascar, Ny fiarovana ny Varibolomavo»*
L'histoire de la conservation du grand hapalémur a été expliquée aux élèves, depuis son statut d'espèce éteinte, à sa redécouverte, notamment à Vohitrarivo et Sahofika, et enfin à l'augmentation de sa population.

Partage des idées des élèves sur la protection de l'environnement et la conservation de la biodiversité

Après les exposés, les étudiants ont été amené à partager leurs idées. Ils ont été incités à trouver des solutions pour combattre la dégradation de la forêt, de l'habitat des lémuriens et d'autres animaux pour que l'Homme puisse utiliser de façon durable ses ressources naturelles. Ils ont demandé d'agir au plus vite, et à prendre quelques responsabilités. Chaque écolier présenta ses arguments et propositions. A la fin de la séance, les élèves furent incités à faire des dessins concernant l'environnement et la conservation (Fig. 3). Cette application a pour but de les encourager à être responsable de leur environnement. Enfin, un poème sur la protection de la nature leur a été appris.



Fig. 2: Les élèves ont acclamé la dynamique exposée de l'éducateur environnemental.

Intervention du deuxième jour: Test de niveau individuel sur les trois thèmes exposés
Le test consiste à faire arranger quatre différentes cartes imprimées de Madagascar: 1) une carte colorée en vert (représentant Madagascar's couverture de forêt par le passé), 2) une carte rouge au centre et verte sur les côtés (représentant le début de la destruction de la forêt), 3) une carte rouge (représentant l'augmentation de la population et la déforestation), et 4) une carte colorée en vert clair (représentation de la vision de Madagascar dans le futur). Chaque carte comportait des indices. Ces cartes ont été distribuées aux élèves en désordre et il leur a été demandé de les ordonner selon la suite logique. Le but de ces cartes a été de conscientiser les élèves sur l'avenir de l'environnement à Madagascar, et de les inciter à avoir un comportement responsable afin de restaurer l'environnement. Les élèves ont ensuite été testés sur leur connaissance des noms des lémurs bambous. Il leur était demandé d'associer les noms scientifiques des lémurs bambous de la région (*Prolemur simus*, *Hapalemur aureus* et *Hapalemur griseus rano-mafanensis*) avec leurs noms locaux et leurs photographies (Fig. 4).

Intervention du troisième jour: travaux de groupes, activités ludiques
Le transfert du savoir et des connaissances aux élèves a été approfondi à l'aide d'activités ludiques par des jeux d'interaction, de réflexion et de rapidité. Les activités consistaient (i) à explorer l'interdépendance entre la forêt, l'eau et la vie, (ii) à connaître les lémuriens mangeurs de bambou existant dans la région. Des activités pratiques ont été réalisées,



Fig. 3: Dessins relatifs à la protection de l'environnement et la conservation des lémuriens par les élèves.



Fig. 4: Test de connaissance de lémurs bambous (*Prolemur simus*, *Hapalemur aureus*, *Hapalemur griseus*) dans la région.

comme le nettoyage de la cour de l'école et ses alentours, la création des bacs à ordures et l'installation d'un système de lave main (tip tap) à l'école.

Résultats

La rencontre avec les responsables pédagogiques dans les sites d'intervention
Six visites de courtoisie ont été effectuées avant d'entamer le programme d'EE. Le chef CISCO et le chef ZAP ont approuvé l'application de ce programme dans ces deux écoles qui manquent de classes environnementales. Ils ont souhaité la continuation de ce programme pendant toute l'année scolaire et ont suggéré aussi d'élargir ce programme dans les autres écoles. Les autres autorités (chefs fokontany et directeurs des écoles) ont partagé le même avis sur ce programme.

La formation des instituteurs
Comme prévu, les instituteurs des écoles de Vohitrarivo et Sahofika ont été formés pour la renforcement de connaissance. Les instituteurs de l'EPP (Ecole Primaire Publique) d'Ambodimanga ont également été formés à part ceux de Vohitrarivo et de Sahofika. Au total, huit instituteurs ont été formés pour les trois écoles (Tab. 1).

Tab. 1: Nombre des instituteurs formés dans les sites d'action.

Ecole Primaire Publique	Vohitra-rivo	Saho-fika	Ambodi-manga
Nombre des instituteurs dans chaque école	3	4	2
Nombre des instituteurs soutenus par HELPSIMUS	1	2	1
Nombre des instituteurs venus pour la formation	3	3	2

Education environnementale
Au total 206 élèves ont assisté aux sessions de l'EE dont 93 à Vohitrarivo et 113 à Sahofika. Nous avons relevé que les classes supérieures ont moins d'élèves que les classes inférieures (Tab. 2).

Tab. 2: Nombre des élèves par classe dans les deux écoles pendant l'éducation environnementale.

Ecole	CPI	CP2	CE	CMI	CM2	Total
EPP Vohitrarivo	40	29	16	8	0	93
EPP Sahofika	46	21	25	10	11	113

CP: Cours Préparatoire; CE: Cours Élémentaire; CM: Cours Moyen

Partage des idées des élèves sur la protection de l'environnement et la conservation de la biodiversité

La plupart des élèves ont proposé de ne plus couper la forêt et les bambous. Ils ont avancé que la forêt donnait la pluie et abritait des animaux comme les lému-riens, et celles en relation avec la protection des grands hapalémurs. Cependant, peu d'élèves ont proposé l'interdiction de la culture sur brulis. La plupart reste convaincu que le tavy fait encore partie de leur coutume (Tab. 3).

Tab. 3: Nombre des élèves selon leurs perceptions sur la protection de l'environnement et la conservation des grands hapalémurs.

Comment allons-nous faire pour protéger notre environnement et pour sauvegarder nos lému-riens?	Vohitrarivo	Sahofika
Ne pas couper la forêt et les bambous	30	50
Ne pas faire de culture sur brulis ou « tavy »	8	15
Ne pas chasser les lému-riens	40	30
Ne pas tuer les autres animaux sauvages	5	5
Faire du reboisement	5	8
Nettoyer l'école et le village	5	5
Total	93	113

Résultat des tests individuels

1. Arrangement des cartes Madagascar

Les pourcentages des élèves, qui ont obtenu les notes variant de 0 à 20 après avoir ordonnées les cartes de Madagascar suivant le stade d'évolution de la dégradation de la forêt depuis l'arrivée de l'Homme jusqu'à l'ère actuelle, sont données dans le Tab. 4. Il est constaté que la plupart des élèves n'arrivent pas encore à comprendre l'évolution de la dégradation de la forêt à Madagascar.

Tab. 4: Nombre des élèves obtenant de note 0 à 20.

Ecole	Nombre de participants	0/20	5/20	10/20	20/20
Vohitrarivo	93	41	30	21	1
Sahofika	113	53	15	37	8

2. Reconnaissance des lému-riens bambou

Il est constaté que beaucoup d'élèves ont encore confondu le petit et le grand hapalémur (Tab. 5). Seuls 22% des élèves ont pu identifier le grand hapalémur. Soixante-dix-huit pour-cent des élèves ont facilement identifié le petit hapalémur doré grâce à la couleur et à la taille.

Tab. 5: Nombre des élèves ayant connu les espèces de lému-riens bambou.

Ecole	Nombre de participants	Hapalémur griseus	Hapalémur aureus	Prolemur simus
Vohitrarivo	37	20	9	8
Sahofika	68	17	36	15

Activités ludiques

Les jeux d'interaction

Les 80 % des élèves de chaque école, ont compris tout de suite qu'il y a une relation avec interaction inévitable entre les différents composants de l'environnement. La destruction d'un ou plusieurs éléments a des impacts négatifs sur la vie humaine (Fig. 5).



Fig. 5: Activité ludique relative à la protection de l'Environnement.

Le jeu de rapidité

Les élèves ont maîtrisé les différents types des lému-riens mangeurs de bambou existant dans la région. Grâce aux questions et réponses relatives concernant le mode de vie de ces espèces et à la danse, les noms vernaculaires de chaque espèce sont ancrés dans la tête des élèves.

Création des trous à ordures et nettoyage de l'école

Deux fosses à ordures de taille 1 x 1 m ont été installées dans chaque EPP d'intervention: l'une est destinée pour les déchets biodégradables tandis que l'autre pour les déchets non dégradables. Après un nettoyage de l'école, les ordures et déchets correspondants sont tout de suite jetés dans ces fosses.

Dans les deux écoles visitées, Vohitrarivo et Sahofika, une session de ramassage des sachets plastiques a été effectuée par groupe et le balayage de la cour à l'aide de balai naturel (*kifafa bozaka*). Les élèves eux même ont pu constater la propreté de l'école. Les élèves sont conseillés de continuer le maintien de la propreté de l'école pendant toute l'année scolaire.

Installation de système de lavage de mains: le «TIP TAP».

Un système de nettoyage de mains, simple, pratique et économique a été installé dans chaque école. Trois bouteilles en PolyEthylène (PET) remplies d'eau ont été suspendues avec la corde dont les bouchons sont perforés (Fig. 6). Pendant l'utilisation, la bouteille est tournée à l'envers pour que l'eau puisse sortir de la bouteille.

Après toutes les activités effectuées précédemment, les élèves ont lavé leurs mains avant d'entrer dans la salle de



Fig. 6: Installation d'un système de lave main à l'école.

classe pour la distribution des prix et pour les goodies. L'éducation à la santé et à l'hygiène a été incluse dans ce programme d'éducation environnementale. D'ailleurs ceci est très recommandé pour toute éducation relative à l'environnement afin de permettre aux élèves d'adopter le comportement vers une bonne santé. Seuls les élèves en bonne santé, pourraient apprendre et devenir conscients de la situation actuelle et de leur future; et par la suite réfléchir et appliquer les solutions pour remédier les problèmes liés à l'environnement tel que la déforestation, la perte des espèces animales ou végétales et les feux.

Distribution des prix

A la fin de la session de l'EE, des prix ont été distribués aux meilleurs élèves pour les encourager au profit de l'environnement et la conservation des lémuriens comme l'espèce en danger *Prolemur simus*. Ainsi, des posters présentant la description des deux espèces de lémur bambou, des autocollant portant le logo du Festival Mondial de Lémuriens et des stylos avec motifs des différents animaux ont été offerts aux dix meilleurs élèves. Des stylos et des bonbons ont également été distribués, à tous ceux ayant participé à la campagne d'EE.

Discussion

L'éducation à la conservation est une stratégie importante qu'on doit inclure dans les programmes de conservation. Selon Wallis and Lonsdorf (2010), celle-ci aide dans l'atteinte des objectifs sur la (i) réduction des menaces dans le site de conservation – comme l'exemple de la présente intervention: les élèves sont conscients des bons comportements pour réduire les menaces (Tab. 3) – cela aussi peut (ii) assurer la participation à long-terme de la communauté dans les actions de conservation – à l'exemple des élèves qui ont commencé à prendre soin leur environnement à l'école. L'éducation à la conservation aussi peut (iii) aider à résoudre les problèmes de pauvreté et les besoins des populations locales. C'est un cas que le projet est en cours de réaliser sur terrain par l'application des jardins potagers dans la cours de l'école et les terrains disponibles sans avoir pratiqué le feu ou défriché une zone de la forêt de bambou (résultats pas encore publiés). Malgré le fait que la plupart des élèves ne présentaient que des réponses/perceptions classiques sur la conservation (ne pas couper les forêts de bambous, ne pas chasser les lémuriens), la réalisation de ce programme d'Education Environnementale était très importante dans l'école de Vohitrarivo et celle de Sahofika. Les messages ont été véhiculés et qu'avec le programme, les connaissances des élèves et des instituteurs ont été tous renforcées. C'est le début d'une prise de conscience des élèves, des instituteurs et même les responsables régionales du programme scolaire – vers l'adoption des comportements écologiques.

Il est constaté que les écoliers, et même les instituteurs, n'ont pas encore de connaissance concernant la protection de l'environnement et la conservation des lémuriens. Mais grâce à cette première intervention, ils ont déjà appris la base de ces sujets. A travers la conservation du grand hapalémur, un projet similaire a été effectué dans un autre site à Vohibe (Rakotonirina et Chamberlan, 2014) avec les mêmes objectifs mais des méthodes d'intervention différentes.

Les instituteurs des écoles primaires soutenus par Helpsimus ont aussi, à cette occasion, reçu une formation concernant la conservation de la biodiversité en général et la conservation de *Prolemur simus* en particulier. Malgré la courte durée de la formation et que la participation des instituteurs n'était pas à 100 % (Tab. 1), ils n'ont pas hésité à exprimer leur satisfaction. Les instituteurs et les élèves des

écoles primaires dans les sites d'action du projet «Bambou Lemur» ont été très enthousiasmés pendant les séances de l'EE. Ils souhaitent d'ailleurs que ce programme continue. Cela sera dans le but d'entretenir la motivation de toutes les communautés en se basant sur le transfert intercommunautaire de connaissances. La finalité est de borner la ligne spatiale des effets positifs de l'EE.

L'EE incite les élèves et les enseignants à comprendre et puis adopter des attitudes positives et responsables à l'égard de toutes les composantes de l'environnement dont les lémuriens, en particulier *Prolemur simus*. Non seulement ce présent projet informe les écoliers, mais il sensibilise aussi leurs parents via un transfert de connaissance intergénérationnel. Cela se réfère à l'interdépendance entre les enfants et leurs parents dans lesquelles chaque partie tire des informations mutuellement pour étendre leur connaissance (Cambridge et Simandiraki, 2005).

En retour, il est à espérer que les élèves possèdent des esprits écologiques qui pourraient réduire les pressions et menaces sévissant l'habitat et les lémuriens (la chasse, la coupe illicite des arbres, etc.).

Le chef CISCO d'Ifanadiana a vivement félicité l'intention de toutes les parties prenantes sur la promotion de l'éducation environnementale entreprise dans la circonscription dont il est le premier responsable. Il aimerait collaborer avec tous les partenaires de l'Association Helpsimus, premier responsable des sites de conservation de *Prolemur simus*. Par contre, il espère que toutes les activités menées par le projet au niveau des écoles devraient être portées à la connaissance de tous les responsables pédagogiques et les autorités locales pour le suivi et évaluation de ces écoles. Il souhaite que la Direction Régionale de l'Education Nationale (DREN) de Vatovavy Fito Vinany soit au courant de ce programme d'EE. Cette institution régionale de l'Education doit valider les activités menées au sein des écoles dans toutes les interventions. De plus, le chef CISCO voudrait la continuité permanente de ce programme d'EE dans les deux fokontany, et son élargissement dans les autres établissements.

La rencontre avec le chef ZAP

Le chef ZAP de Tsaratanana a approuvé l'initiative du projet à mener une EE dans les écoles primaires des sites d'intervention. Il a avancé qu'un tel projet entraînerait le développement de la communauté locale par le biais du changement des comportements dès les bas âges.

Depuis l'établissement du projet «Bambou Lemur» dans les sites de Vohitrarivo et Sahofika, cette présente EE constitue une première étape dans les sites d'intervention de la commune de Tsaratanana. Cela dit, Helpsimus avait construit des salles de classe aussi bien dans le fokontany de Vohitrarivo que dans le fokontany de Sahofika. Il en est de même pour la distribution des kits scolaires au sein des écoles dans les sites d'action.

Les instituteurs dans les deux fokontany ne devront pas rester comme spectateurs concernant la protection de l'environnement. Après les formations données par l'équipe d'éducation, ils devront diriger des activités de conservation que ce soit au niveau de l'école ou au niveau des villages. Les instituteurs et animateurs doivent se montrer comme modèle vis-à-vis du respect de l'environnement. Ils devront avoir de la bonne mentalité concernant la conservation de la biodiversité. Ils ont déjà la connaissance de base sur les valeurs de la biodiversité en générale.

Avant ce projet d'EE, aucune personne n'avait connaissance des raisons de la conservation du grand hapalémur dans le site de Vohitrarivo. Ils partageaient les mêmes opinions que les autres villageois et pensaient que le projet de conserva-

tion allait leur faire perdre leurs terres et leurs biens. Cette activité leur a donc apporté des connaissances à travers un transfert de savoirs par le biais de la communication verbale au cours de l'EE. Seuls les 22% des élèves ont connu le grand haplémur, objet du projet de conservation sur le site. Grâce à ce programme d'EE, les élèves ont pu connaître l'espèce cible du site.

Pour mesurer les effets de l'éducation environnementale sur les populations cibles, le thème se rapportant sur les lémuriens de Madagascar (surtout *P. simus*) a été posé lors de l'enquête. Ce thème a été renforcé par une activité ludique qui met en exergue l'environnement. Les réponses obtenues sur les perceptions pour la protection de l'environnement et la conservation des grands haplémurs se sont focalisées surtout sur l'élimination de la chasse et à la coupe des bambous.

Il est de la part des instituteurs et des animateurs essentiels de rappeler aux élèves et aux villageois les différentes dates de célébration des journées et événements environnementaux en exemple de : la Journée Mondiale de la Biodiversité (JMB) du 22 mai, la Journée Mondiale de l'Environnement (JME) du 05 juin, le Festival Mondial des Lémuriens (FML) célébré à la fin du mois d'octobre, etc.

Actuellement, les instituteurs sont conscients de la dégradation de l'environnement et de la forêt. Ils sont capables d'inciter les villageois à utiliser de façon responsable et rationnelle les ressources naturelles. Il en est constaté de même que les élèves se sont sentis malheureux sur les conséquences de la destruction de la forêt et de l'environnement. Les différents supports et les activités ludiques les ont sensibilisés à comprendre et connaître leur environnement, le rapport entre la nature et les humains. Ainsi, ils souhaitent avoir des supports matériels, financiers et appuis techniques venant du projet «Bamboo Lemur».

Le programme d'éducation environnementale devrait se poursuivre de façon régulière car il n'y a pas de conservation sans éducation et l'éducation est la base de la protection de l'environnement.

Leçons apprises et perspectives

Lors de ce programme d'éducation environnementale, les leçons apprises et qu'on doit renforcer dans les prochaines interventions et suivis incluent: (i) la connaissance des jeunes élèves des espèces cibles à protéger sur un site de conservation n'est pas un acquis. Le programme d'éducation environnementale est vital pour mettre tout le monde de la communauté dans une même compréhension de la situation et du site. Une telle activité, même avec une seule session permettra d'améliorer l'engagement des gens locaux dans le programme de conservation. (ii) Même si les élèves arrivent à comprendre de façon théorique l'interrelation entre la forêt – l'environnement et la vie humaine, dans le cas pratique ceci n'est pas encore évident. Ceci a été observé lors du jeu sur l'évolution de la dégradation des forêts à Madagascar. De ce fait, (iii) l'application des activités pratiques est nécessaire et très encouragée pour tout programme d'éducation environnementale. On peut commencer avec des gestes classiques comme ce qui a été fait dans cette intervention présente, pour commencer à engager les élèves et leurs instituteurs dans la protection de l'environnement. Des suivis périodiques (une fois par mois) de la continuation de ces activités pratiques seront mis en place pour accompagner les instituteurs et les élèves dans leur engagement envers l'environnement. Plus de séances d'éducation environnementale seront organisées pour maintenir le niveau de connaissance des élèves et pour atteindre l'objectif à long-terme du changement de comportement.

Remerciements

Nous tenons à remercier vivement les personnes ou institutions qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de cette mission: à toutes les autorités locales et les personnels administratifs du district d'Ilanadina: M. Abel Tovondriaka (chef CISO d'Ilanadina), M. le chef ZAP de la commune rurale Tsaratanana, Mesdames les directrices des EPP Vohitrarivo et de Sahofika, Mmes et M. les instituteurs, M. les chefs Fokontany, le GERP, l'association Helpsimus, M. Rija Rasamimanana et tous les personnels de l'organisme Impact Madagascar, Monsieur Rivo Kotovelo, Chef secteur de la parcelle II du Parc National de Ranomafana, Messieurs cuisiniers et guides de Vohitrarivo et Sahofika.

Références

- Cambridge, J.; Simandiraki, A. 2005. Interactive intergenerational learning project. United Kingdom: University of Bath Claverton Down.
- Helpsimus. 2013. Rapport annuel. <<http://helpsimus.org/blog>>
- IUCN. 2017. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016-3. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 26 February 2017.
- 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.; MacKinnon, J. 2010. Lemurs of Madagascar (3rd ed.). Conservation International.
- Rakotonirina, L.H.F.; Chamberlan, C. 2014. L'éducation environnementale pour la conservation de *Prolemur simus* dans les villages environnant la forêt de Vohibe, District de Mahanoro, Madagascar. Lemur News 17: 12-14
- 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.
- Ratsaralaza, H.; Rakotoarinivo, T.H.; Rakotoarisoa, A. 2014. Sensibilisation des villageois pour la protection de l'environnement au sein du Fokontany Dabolava et renforcement du reboisement afin d'aménager les zones dénudées par le feu dans la forêt d'Amboloando. Rapport sommaire de mission.
- Ravelojaona, R.; Rakotoarinivo, T.H. 2013. Etude préliminaire de l'écologie de *Prolemur simus* dans la forêt dégradée de bambou à Vohitrarivo, District d'Ilanadina. Rapport sommaire de mission.
- Rakotoarinivo, T.H.; Ravelojaona, R.; Frangico, M. 2014. Etude du comportement alimentaire des deux groupes de *Prolemur simus* dans la forêt de Vohitrarivo et Vohimarina, District d'Ilanadina. Rapport sommaire de mission.
- Rakotoarinivo, T.H.; Ratsaralaza, H.; Ravelojaona, R., 2015. Sensibilisation sur la protection de *Prolemur simus* dans les villages de Vohitrarivo, Vohimarina et Sahofika et lancement du programme d'éducation environnementale. Rapport sommaire de mission.
- Wallis, J.; Lonsdorf, E.V. 2010. A summary of recommendations for primate conservation education. American Journal of Primatology 72: 441-444.

Étude du comportement alimentaire et utilisation de l'habitat par *Propithecus coronatus* dans la forêt galerie d'Amboloando (Commune rurale de Dabolava)

Andriamihaja Rado Rakotondrabe^{1,2*}, Josia Razafindramanana^{1*}, Jonah Ratsimbazafy^{1,2}, Tony King³

¹Groupe d'Étude et de Recherches sur les Primates de Madagascar (GERP), Logt 34, Cité des Professeurs, Fort Duchesne, Antananarivo, Madagascar

²Département de Paléontologie et Anthropologie Biologique, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, Madagascar

³The Aspinall Foundation (TAF) - Programme Madagascar, BP 7170, Andravoahangy, Antananarivo 101, Madagascar

*Corresponding authors: yazradhoo@hotmail.fr, r_josia@hotmail.com

Mots clés: *Propithecus coronatus*, lémurien, activités, nourriture, habitat, Madagascar

Résumé

Une étude sur le comportement alimentaire et sur l'utilisation de l'habitat par *Propithecus coronatus* a été réalisée dans la forêt d'Amboloando (Commune Rurale Dabolava) en mars et avril 2010 afin d'analyser le mode de vie adopté par cette espèce pour survivre dans un habitat très fragmenté. Les méthodes «Instantaneous sampling» par intervalles de 3 minutes et «ad libitum» ont été utilisées durant les observations. Les résultats indiquent la domination du repos (54.69 %) et de l'alimentation (31.58 %) sur l'activité générale de l'espèce. *Propithecus coronatus* est principalement folivore et consomme donc majoritairement des feuilles (62.96 %), mais également des fruits (28.66 %), ainsi qu'une quantité minime d'autres parties végétales. Cependant, ce régime dépend des saisons. *Propithecus coronatus* consomme 35 variétés de plantes pour satisfaire ses besoins alimentaires, et en 03 minutes, les individus observés faisaient en moyenne 20.23 ± 00.14 bouchés lors des nourrissements. Parmi les différents endroits du site, la zone I est la plus exploitée par l'espèce, sûrement du fait de son plus faible degré de dégradation. À Dabolava, *Propithecus coronatus* utilise davantage les niveaux compris entre 5-10 m (40.94 %) et 10-15 m (22.46 %). Quant à l'utilisation des supports, l'espèce utilise principalement les branches d'arbres à diamètre inférieur à 5 cm (48.50 %) et celles comprises entre 5 et 10 cm (32.58 %). L'utilisation de ces niveaux et branches varie significativement selon les mois. Comparé aux comportements des *Propithecus diadema* de la Réserve Naturelle Intégrale de Betampona et des *Propithecus coronatus* de la forêt d'Antrema, le comportement et le mode de vie des *Propithecus coronatus* de Dabolava présente quelques variations qui résultent probablement de la qualité de l'habitat et de la répartition phytogéographique. Cependant, des similarités sont aussi observées. En conclusion, *Propithecus coronatus* est une espèce flexible qui s'adapte à son milieu.

Key words: *Propithecus coronatus*, lemurs, activities, diet, habitat, Madagascar

Abstract

A study about feeding behavior and habitat utilization of the crowned sifaka (*Propithecus coronatus*) was carried out at the Amboloando forest (Commune Rurale Dabolava) in March and April 2010. This study was realized in order to

investigate the way of life adopted by this species within a fragmented habitat. The methods of Instantaneous sampling of 3 minutes of interval and ad-libitum were used during this study. According to our results, the crowned sifakas spend most of their time resting (54.69 %) and feeding (31.58 %). *Propithecus coronatus* is mainly folivorous, thus largely consuming leaves (62.96 %), but also fruits (28.66 %), as well as a small quantity of other plant parts. But its consumptions vary according to the season. A total of 35 plant taxa were found to be eaten by crowned sifakas. Among the different areas in the site, the zone "I" is the most exploited by this species due to its relatively low level of disturbance. In Dabolava, crowned sifaka are mostly found in the levels comprised between 5-10 m (40.94 %) and 10-15 m (22.46 %). About the support utilization, this species principally uses branches of diameters of less than 5 cm (48.50 %) and diameters of 5-10 cm (32.58 %). These uses of forest levels and branch sizes vary significantly with the months. Compared with the behavior of the diademed sifaka (*Propithecus diadema*) at Réserve Naturelle Intégrale of Betampona and *Propithecus coronatus* at Antrema forest, the behavior and life style of *Propithecus coronatus* in Dabolava show some variation which probably result from the habitat quality and their phytogeographical sparse. However, some similarities are observed too. In conclusion, *Propithecus coronatus* is a flexible species that adapts to its environment.

Introduction

Les lémurien font partis de l'une des grandes diversités que possède Madagascar. Mais cette richesse s'amenuise graduellement, notamment à cause de la constante réduction des habitats naturels. Si la destruction de la forêt persiste, les 3.80 millions d'hectares de vestiges forestières restant que dispose la grande île ne deviendront que quelques fragments (Glaw and Vences, 1994; Mihaminekena, 2010). Cette réduction incessante de la couverture forestière met en péril les lémurien et les autres formes de vie qui leurs sont associées. Le cas de la forêt galerie d'Amboloando est un exemple de cette situation. Les activités humaines telles que l'orpaillage artisanal, la production de charbon, les coupes de bois illicites pour le commerce et pour chauffer les filons miniers font ravage dans le couvert forestier. Suite à ces actions abusives et irrationnelles, la forêt a perdu, en l'espace de quelques années, près de 70 % de sa couverture (Razafindramanana, 2009). Pourtant cette forêt abrite une espèce de lémurien diurne, le propitèque couronné (*Propithecus coronatus*), qui est classée en danger par la liste rouge de l'UICN (IUCN Red List, 2008).

Méthodes

Milieu d'étude

La commune rurale de Dabolava se situe dans le centre ouest de Madagascar, à environ 180 km à l'ouest d'Antsirabe en empruntant la RN 34 menant vers Miandrivazo et Morondava. À 7 km avant cette commune se trouve la forêt galerie d'Amboloando (Fig. 1), une forêt secondaire dégradée entourée par des prairies boisées et où vit un groupe de *Propithecus coronatus* (Razafindramanana, 2009). D'une superficie d'environ 29.80 ha (0.298 km²), la forêt d'Amboloando est comprise entre les latitudes 19° 40.583' – 19° 41.263' Sud et les longitudes 45° 45.220' – 45° 45.678' Est. L'altitude est comprise entre 457 et 550 m.

Méthode d'observation

Cette étude est faite sur l'unique groupe de *Propithecus coronatus* de la forêt d'Amboloando. Ce groupe est composé de

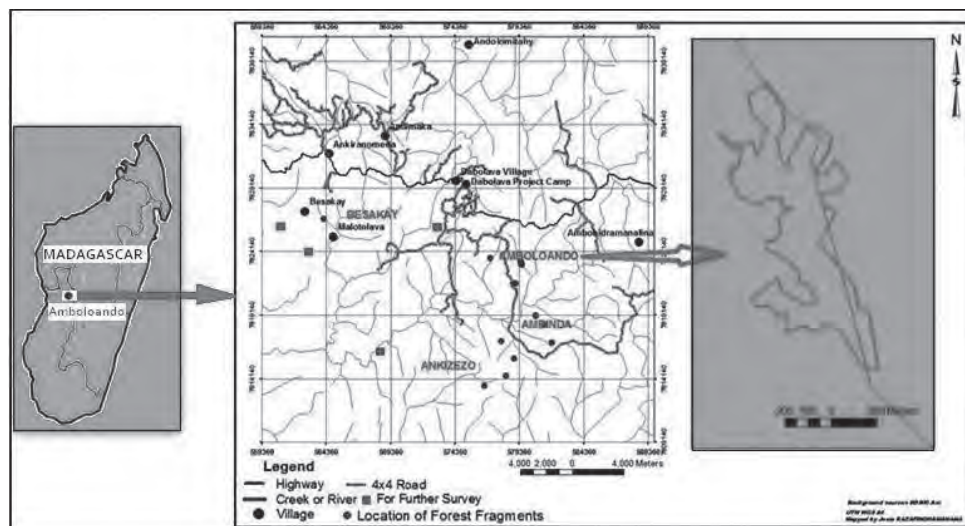


Fig. 1: Carte du site d'étude à Dabolava indiquant la forêt d'Amboloando et ses environs. (Source: Razafindramanana Josia, 2012)

six (6) individus. Les données ont été collectées du 1 mars au 1 mai 2010. Les heures d'observation étaient fixées de 06h au 17h30. Chaque individu du groupe était suivi individuellement chaque jour en vue d'obtenir des données sur leur comportement alimentaire.

Méthodes d'étude

La méthode d'étude comportementale «fixed-interval time point sampling» (Martin et al., 1993) a été utilisée toute les 3 minutes pour collecter les données comportementales de *Propithecus coronatus*. La méthode «ad libitum» a été ajoutée pour répertorier le nombre de bouchés effectués par l'animal focal à chaque alimentation.

Pour l'utilisation de l'habitat, les différentes hauteurs utilisées par les propithecus couronnés ont été subdivisées en six (6) niveaux forestiers: N0 pour les hauteurs comprises entre 0 et 1 mètre, N1 pour l'utilisation des strates situant entre 1 et 5 mètres, N2 pour les hauteurs comprises entre 5 et 10 mètres, N3 pour les hauteurs comprises entre 10 et 15 mètres, N4 pour les hauteurs comprises entre 15 et 20 mètres, et N5 pour les hauteurs dépassant 20 mètres.

Nous avons catégorisé les diamètres des différents supports utilisés par *Propithecus coronatus* en cinq (05) catégories: Ø0 si l'animal se trouve au sol, Ø1 pour les diamètres ≤ 5 cm, Ø2 pour les diamètres compris entre 5 et 10 centimètre, Ø3 pour les diamètres compris entre 10 et 15 centimètre, et Ø4 pour les diamètres dépassant 15 cm.

Méthode de calcul et d'analyse des données

Le logiciel d'analyse statistique SPSS 17.0 a été utilisé dans l'analyse des données. Le test Chi-carrée de Pearson (χ^2) a été utilisé pour comparer deux (02) échantillons indépendants.

Résultats

Rythme d'activité de *Propithecus coronatus*

D'après nos résultats, les propithecus couronnés passent la majeure partie de leur temps à se reposer (54.69 %), et une partie non-négligeable à se nourrir (31.58 %). Le déplacement et les autres types d'activités ne représentent qu'un faible pourcentage de leur activité, respectivement 7.63 et 6.10 %.

Régime alimentaire

Les individus observés consomment principalement des feuilles (62.96 %), mais les fruits forment une part non négligeable de leur alimentation (28.66%). Les bourgeons et les graines sont dans l'ensemble peu consommés, respec-

tivement 3.38 et 4.86 %. La consommation de ces aliments varie sensiblement selon les saisons: les feuilles sont moins consommées en mars (59.64 %) qu'en avril (65.83 %), à l'inverse des fruits (respectivement 30.77 et 26.83 %). Cette tendance de diminution des parties consommées est aussi constatée pour la consommation des graines et des bourgeons durant les deux mois d'observation. La consommation des différentes parties végétales varie mensuellement ($\chi^2 = 13.064$; ddl = 4; $p < 0,05$).

Diversité des familles et espèces de plante consommées

L'alimentation de *Propithecus coronatus* est constituée de 35 espèces réparties en 28 familles à Amboloando. Parmi ces 28 familles, seules 02 sont consommées à un taux dépassant les 10 %: les Fabaceae (31.76 %) et les Rubiaceae (18.33 %). *Macuna pruriens* est l'espèce végétale la plus consommée par les propithecus couronnés (26.44 %) suivit de *Schizenterospermum sp* (16.02 %). Deux espèces non déterminées sont consommées à 07.59 et 05.09 %, et toutes les autres espèces sont utilisées à moins de 5 %.

Utilisation de l'habitat par *Propithecus coronatus*

Les propithecus couronnés de Dabolava sont plus fréquemment observés dans la zone I (58.34 %), suivis des zones D et B (10.85 % pour l'une et 10.83 %). Les autres zones sont fréquentées à moins de 10 %. L'utilisation de ces zones varie selon les mois: zones I et D sont plus fréquentées en avril (respectivement 60.76 et 14.64 %) qu'en mars (respectivement 55.11 et 5.78 %).

Utilisation des différents niveaux forestiers

Le niveau N2 est le plus utilisé par les propithecus couronnés (40.94 %) suivit de N3 (22.46 %) et N4 (10.37 %). Le niveau N5 est utilisé à 13.48% tandis que la présence au sol est négligeable. L'utilisation du niveau N2 est de 35.76 en mars et 44.81 % en avril. La fréquentation du niveau N3 est de 27.35 en mars et régresse à 18.80 % en avril. Les niveaux N4 et N5 sont respectivement fréquentés à des échelles de 12.79 et 14.77 % en mars et diminuent à 8.56 et 12.52 % en avril. Le taux de fréquentation des différents niveaux forestiers est très varié d'un mois à un autre ($\chi^2 = 199.971$; ddl = 5; $p < 0.05$).

Dimension moyenne des supports utilisés par *Propithecus coronatus*

Le diamètre moyen des supports utilisés par les propithecus couronnés est de 7.15 ± 0.06 cm. Durant le mois

de mars, le diamètre moyen des supports utilisés par *Propithecus coronatus* est de 6.70 ± 0.07 cm alors qu'il est de 7.49 ± 0.08 cm pour le mois d'avril. Les sifakas couronnés utilisent d'avantage les supports à dimension Ø1 (48.50 %) suivit des supports à dimension Ø2 (32.58 %). Quant aux supports à dimensions Ø3 et Ø4, ils sont respectivement utilisés à 12.41 % et 3.35.

Discussion

Rythme d'activité de *Propithecus coronatus*

L'activité de *Propithecus coronatus* est dominée par le repos et le nourrissage. Randrianarimanana, (2009), a trouvé lors de ses travaux de recherches dans la Réserve Naturelle Intégrée (RNI) de Betampona que *Propithecus diadema* alloue 41.90 % de son temps à se reposer. Ces travaux font remarquer la dominance de l'activité repos au cours de la journée, qui est aussi la tendance durant cette étude. Cette dominance du repos peut être expliquée d'un côté par la nécessité de la compensation des dépenses énergétiques effectuées par l'animal durant le déplacement. D'un autre côté, elle semble être liée à l'aspect folivore de l'animal. D'après Andrianandrasana (2011), la digestion de ces aliments fibreux nécessite beaucoup de temps et l'animal est contraint de ce fait de chercher un endroit calme pour se reposer. Selon Smith (1977) et Randrianarimanana (2009), le mécanisme de la digestion s'effectue de manière à ce que la digestion se ralentisse voire s'arrête quand l'individu fait un mouvement car le système nerveux sympathique envoie le sang de l'appareil digestif vers le cœur et le muscle. Par contre, quand le sujet se repose, le système nerveux parasympathique fait retourner le sang vers l'appareil digestif et la digestion s'exécute.

L'alimentation occupe 31.58 % des journées des activités de *Propithecus coronatus* à Dabolava, ce qui est inférieur, mais comparable aux propitèques de la RNI de Betampona (39.80 %, Randrianarimanana, 2009). Cette différence réside peut-être principalement dans l'état de l'habitat où vit l'espèce. Comme la forêt d'Amboloando est un reliquat forestier qui subit depuis longtemps diverses pressions anthropiques, les différents supports d'arbres ou variétés des plantes fournissant les aliments et les ressources alimentaires de *Propithecus coronatus* se raréfient. D'après Tsavohitra (2010), l'état de la forêt est une des causes de la différence du taux d'alimentation d'une espèce car plus l'habitat est perturbé, moins la nourriture est en quantité suffisante et plus elle est difficile à trouver.

Régime alimentaire des *Propithecus coronatus*

En tant que lémurien folivore, les feuilles constituent la majeure partie des aliments consommés par *Propithecus coronatus*. Ce régime a été retrouvé dans les travaux de Randrianarimanana (2009) sur une autre espèce de propitèques (*Propithecus diadema*) consommant beaucoup plus de feuilles que de fruits et de fleurs (respectivement 62.80, 33.60 et 2.40 %). Ceci est due aux caractères morphologiques et physiologiques de ces espèces qui présentent, d'une part, des dents jugales munis des cuspidés développées, larges et écrasantes, spécialisées au broyage des matières fibreuses des feuilles (Kay et al., 1978; Randrianarimanana, 2009). D'autre part, les propitèques sont dotés d'un long appareil gastro-intestinal et d'un large caecum favorisant la digestion des feuilles (Campbell et al., 2006; Mihaminekena, 2010). Mais du point de vue qualité, les feuilles ne présentent qu'une faible valeur calorifique donc les lémuriens sont contraints d'en consommer avec une quantité suffisamment élevée et de compléter ces nourri-

tures par d'autres parties végétales. La consommation des fruits et graines fait respectivement suite à la consommation des feuilles chez les propitèques couronnées. Malgré une consommation de feuille comparable, les *Propithecus coronatus* de la forêt d'Antrema et les *Propithecus diadema* de Betampona sont plus frugivores que le *Propithecus coronatus* de Dabolava Ramanankirahina (2004). Selon l'auteur, cette variation de pourcentage de consommation des différentes parties végétales pourrait être due aux pénuries ou aux fluctuations de la production de certains types de nourriture durant une telle saison.

Diversité de l'alimentation de *Propithecus coronatus*

Au total, 35 variétés de plante appartenant à 28 familles constituent les sources alimentaires de *Propithecus coronatus* de Dabolava. Cette composition alimentaire est plus diversifiée que pour *Propithecus diadema* selon Randrianarimanana (2009) qui décrit un total de 25 genres appartenant à onze familles de plantes différentes. Cette différence pourrait s'expliquer d'une part par une variation probable de la diversité floristique des deux milieux d'études: *Propithecus diadema* habite une forêt dense humide sempervirente de l'est, alors que *Propithecus coronatus* se trouve dans une forêt transitoire du plateau centrale et une forêt galerie de l'ouest. D'une autre part, l'état de l'habitat constitue un paramètre influent sur le nombre d'espèce consommée. Cela amène à penser que plus la forêt est dégradée, plus l'animal est contraint d'exploiter différentes variétés de plante afin de subvenir à ses besoins journaliers. D'après Razafindramanana (2009), Amboloando présente une diversité floristique très faible car certaines espèces végétales existant dans le site ne sont disponibles que par 01 à 05 pieds au maximum. De ce fait, afin de satisfaire ses besoins alimentaires quotidiens, *Propithecus coronatus* est contraint d'exploiter les diverses espèces végétales disponibles dans le site. En contrepartie, cette diversité des espèces consommées par les propitèques couronnés de Dabolava est similaire en quantité à la diversité des espèces consommées par *Propithecus coronatus* de la forêt d'Antrema car, d'après Ramanankirahina (2004), ces lémuriens consomment respectivement 35 espèces à Beakama et 36 espèces à Ankoririaka.

Utilisation de l'habitat par *Propithecus coronatus*

L'habitat de la zone I est la plus appréciée et exploitée par *Propithecus coronatus* avec un taux de fréquentation dépassant la moitié de la totalité d'utilisation de toutes les zones du site confondues. Cette préférence de la zone I réside de la facilité d'accès à la nourriture. D'après l'observation sur le terrain, les espèces végétales *Mucuna pruriens*, *Schizenterspermum* sp., *Cissus rhodotricha* et *Cannarium madagascariensis*, constituant les aliments les plus prisés des propitèques couronnés, abondent dans cette partie du site. De plus, la zone I est un peu moins soumise aux pressions anthropiques. La zone I constitue ainsi une sorte de refuge pour *Propithecus coronatus* à Dabolava.

Utilisation des différents niveaux forestiers

Propithecus coronatus utilise d'avantage les strates basses (N2), tout comme *Propithecus diadema* qui utilise le niveau 5 à 10 m à une fréquence de 54 % (Randrianarimanana, 2009). Il est probable que cette tendance soit courante chez les propitèques. Ceci est probablement lié à la présence de prédateurs aériens dans les strates plus hautes (Randrianarimanana, 2009) ou encore par souci de conservation d'énergie. Il est également important de noter que la hauteur des arbres du site étudié est généralement infé-

rière à 15 mètres. L'utilisation des strates basses et strates moyennes augmente au cours du deuxième mois d'observation alors que l'utilisation des strates moins hautes et strates hautes diminue. Ceci résulte peut-être de la composition floristique du milieu et de la disponibilité des ressources alimentaires. Les sifakas se concentrent durant le mois d'avril dans des zones à strates basses où les arbres à taille inférieure à 10 m abondent. Dans ces zones, l'état de la forêt est favorable au développement des petites lianes telles que *Smilax kraussiana*, *Paulliana pinnata*, *Cissus rhodotricha* et *Mucuna pruriens* entrant dans l'alimentation des propithecus couronnés et qui abondent durant cette saison. Cette augmentation de l'utilisation de la strate basse en saison sèche par *Propithecus coronatus* est également notée par Ramanankirahina (2004): *Propithecus coronatus* d'Antrema exploite d'avantage le niveau entre 02 à 05 m en saison sèche (62.43 %) et le niveau entre 05 à 10 m en saison humide (54.18 %).

Utilisation des supports de différent diamètre

La moyenne des diamètres de support utilisée par les *Propithecus coronatus* est 7.15 ± 0.06 cm. L'espèce utilise majoritairement les supports à diamètre ≤ 5 cm et les supports à diamètre comprise entre [5, 10] cm. Ceci est dû au régime folivore de l'espèce qui favorise l'exploitation des extrémités des branches aux dimensions petites. Cette tendance est similaire à celle des *Propithecus diadema* qui utilisent aussi davantage les supports de petites dimensions (Randrianarimanana, 2009).

Conclusion

Une étude sur le comportement alimentaire et l'utilisation de l'habitat par *Propithecus coronatus* a été réalisée dans la forêt galerie d'Amboloando durant deux mois, coïncidant à la fin de la saison humide et au début de la saison sèche. En utilisant les méthodes d'observation «instantaneous sampling» et «ad libitum» on peut conclure que: (i) le rythme d'activité de *Propithecus coronatus* est marqué par la domination du repos et de l'alimentation; (ii) l'étude du comportement alimentaire de *Propithecus coronatus* confirme leur aspect folivore, mais cette tendance ne l'empêche pas d'utiliser d'autres parties des plantes notamment les fruits et graines, en fonction de la disponibilité de ces ressources alimentaires; (iii) durant les observations, les propithecus couronnés d'Amboloando ont consommé 35 variétés de plantes qui se répartissent dans 28 familles; (iv) les propithecus couronnés exploitent tous les niveaux dans le site mais ils utilisent d'avantage le niveau N2 compris entre 05 à 10 m; (v) *Propithecus coronatus* utilise principalement les branches de petits diamètres ≤ 5 cm; (vi) l'habitat de la zone I est la mieux appréciée par les sifakas.

Les résultats obtenus lors de ce travail reflètent le mode de vie des propithecus couronnés durant la fin de la saison humide. Nous appuyons la nécessité d'entreprendre une recherche similaire lors de la saison sèche, période durant laquelle, les aliments de base de *Propithecus coronatus* sont moins disponibles.

Remerciements

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué à la réalisation cette étude à Dabolava, notamment : Pr Jonah Ratsimbazafy, Dr Josia Razafindramanana, Dr Haingoson Andriamialison, Mr Tony King, Mme Rose Marie Randrianarison, Mme Delphine Rouillet, GERP, TAF, EEP, PAMM, les enseignants au sein du Département de Paléontologie et d'Anthropologie Biologique, La promotion TAHIRINTANY, le Ministère de l'Environnement, des Eaux

et des Forêts, les guides patrouilleurs d'Amboloando, Le Maire, les autorités et la population de la Commune rurale de Dabolava.

Références

- Andrianandrasana, Z.A. 2011. Comportement stratégique de *Haplemur griseus* (Link, 1795) dans la forêt tropicale humide de Maromizaha. Andasibe. Mémoire de DEA, Primatologie, Biologie évolutive, Département de Paléontologie et d'Anthropologie Biologique, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, Madagascar.
- Campbell et al. 2000. Description of the Gastrointestinal Tract of five lemurs species: *Propithecus tattersalli*, *Propithecus verreauxi*, *Propithecus coquereli*, *Varecia variegata*, *Haplemur griseus*, *Lemur catta*. American Journal of Primatology 52: 133-142.
- Glaw, F.; Vences, M. 2007. Ny toro-hay momban'ny Amphibia sy ny Reptilia an'i Madagasikara. Pp 528. In Randrianiaina, R.D.; Rabemananjara, F.C.E.; Ramilijaona, N.; Ramilijaona, O.R.; Dolch, R.; Vences, M (eds.). Vences and Glaw Verlag. Cologne, Allemagne.
- Kay, R.F.; Hylander, W.L. 1978. The dental structure of mammalian folivores with special reference to primates and Phalangeroidea (Marsupiala). Pp 173-192. In G.G Montgomery (ed.). The Ecology Arboreal Folivores. Smithsonian Institutional Press. Washington D.C.
- Martin, P.; Bateson, P. 1993. Measuring behaviour: An introductory guide, second edition. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Mihaminekena, T.H. 2010. Relation entre la dégradation de l'habitat et les activités de *Propithecus edwardsi* dans le Parc National de Ranomafana. Ifanadiana. Mémoire de DEA, Primatologie, Biologie évolutive, Département de Paléontologie et d'Anthropologie Biologique, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, Madagascar.
- Mittermeier, A.R.; Konstant, W.R.; Hawkins, F.; Edward, E.L.; Langrand, O.; Ratsimbazafy, J.; Rasoloarison, R.; Ganzhorn, J. U.; Rajaobelina, S.; Tattersall, I.; Meyers, D. M. 2006. Lemurs of Madagascar, second edition. Conservation International, Washington D.C.
- Ramanankirahina, R. 2004. Rythme d'activité et régime alimentaire de *Propithecus coronatus* (Milne Edwards, 1871) et d'*Eulemur mongoz* (Linné, 1766) dans la station forestière à usage multiple d'Antrema. Mémoire de DEA, Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, Madagascar.
- Ramousse, R., Le Berre, M.; Le Guelte, L. 1996. Introduction aux statistiques. Choisir le test statistique approprié.
- Randrianarimanana, H.L.L. 2009. Étude comparative de l'alimentation et du comportement des deux espèces sympatriques d'Indriidés: *Propithecus diadema* et *Indri indri* dans la Réserve Naturelle Intégrale N°1 de Betampona, Toamasina. Mémoire de DEA, Primatologie, Biologie évolutive, Département de Paléontologie et d'Anthropologie Biologique, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, Madagascar.
- Razafindramanana, J. 2009. *Propithecus coronatus* on the verge of extinction: Help to save them! GERP. Madagascar.
- Razafindramanana, J. 2009. Preliminary conservation program for crowned sifaka, *Propithecus coronatus*, in the Miandrivazo District: survey for new groups around Dabolava and surrounding area. In press. GERP / The Aspinall Foundation. Antananarivo, Madagascar.
- Razafindramanana, J.; Rasamimanana, R. 2010. Discovery of crowned sifaka (*Propithecus coronatus*) in Dabolava, Miandrivazo, Menabe Region. Lemur News 15: 23-24.
- Tsavohitra, J. B. 2010. Comportement et disponibilités alimentaires de *Propithecus edwardsi* (Bennet, 1832) dans les deux sites (Talataky et Sakaroa) du Parc National de Ranomafana, Ifanadiana, Fianarantsoa. Mémoire de DEA, Primatologie, Biologie évolutive, Département de Paléontologie et d'Anthropologie Biologique, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, Madagascar.

Lemurs and bamboos of Kalambatritra, south-east Madagascar

Laingoniaina H.F. Rakotonirina^{1*}, Jean Rafaliman-dimby², Tianasoa Ratolojanahary², Maholy Ravaloharimanitra¹, Rainer Dolch², Tony King^{1*}

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

²Association Mitsinjo, Andasibe, Madagascar

*Corresponding authors: laingoniaina2000@yahoo.fr, tonyk@aspinallfoundation.org

Key words: *Lepilemur wrightae*; Kalambatritra sportive lemur; *Eulemur collaris*; *Hapalemur meridionalis*; *Arundinaria* sp.

Abstract

The Kalambatritra Massif in south-east Madagascar supports a fairly extensive expanse of forest ranging in altitude from around 1,000 to 1,750 m. We conducted a collaborative lemur inventory in the Kalambatritra Special Reserve, located in the central part of the massif, in December 2015. We observed six lemur species including *Eulemur collaris*, *Hapalemur meridionalis*, *Lepilemur wrightae*, *Microcebus* sp., *Cheirogaleus* sp., and *Avahi* sp. We found feeding signs of aye-aye (*Daubentonia madagascariensis*) on bamboo culms. Local people claimed that ring-tailed lemurs (*Lemur catta*) still occur in the gallery forests to the west of the massif. Local people also claimed that in the east of the Reserve they had seen feeding signs on giant bamboos that might be an indication of the presence of greater bamboo lemurs (*Prolemur simus*). The dominant large-culmed bamboo present was *Arundinaria* sp., a genus known to occur at high elevations in Madagascar, and for which this record represents a southern extension to the known range of this genus in Madagascar. During nocturnal transects Kalambatritra sportive lemurs (*Lepilemur wrightae*) were the most frequently observed lemur. Our results confirm that the Kalambatritra Special Reserve still holds high densities of this species which currently is only known from the Kalambatritra massif. Further research is required in the Reserve to understand the factors affecting density of sportive lemurs here.

Introduction

The Kalambatritra Massif in south-east Madagascar (Fig. 1) supports a fairly extensive expanse of forest ranging in altitude from around 1,000 to 1,750 m. Some of the forest areas on the massif are virtually pristine and are considered to be amongst the most impressive forests to behold in the entire country (Irwin *et al.*, 2001). The massif straddles the continental divide between eastern (Ianaivo River) and western (Ihosa) drainages, and supports floral and faunal species mostly typical of eastern rainforests, but also includes some typical of drier western and southern forests. Currently one lemur species is known to be endemic to the massif, the Endangered (IUCN, 2015) Kalambatritra sportive lemur (*Lepilemur wrightae*). Larger than any other known sportive lemur species, it is also unique in being sexually dimorphic, with the female easily distinguishable due to its contrasting grey head (Mittermeier *et al.*, 2010). Several reports from brief research missions suggest the existence of an unidentified large bamboo lemur (Irwin *et al.*, 2001; Rabeson *et al.*, 2006), a species potentially unknown to science. Other lemur species that have been reported to occur include red-collared brown lemur (*Eulemur collaris*), southern bamboo lemur (*Hapalemur meridionalis*), aye-aye (*Daubentonia madagascariensis*), and various nocturnal lemurs for which species identifications have not yet been adequately determined (mouse lemurs, two species of dwarf lemurs, woolly lemurs). This survey aimed to kick-start the conservation action plan for the Kalambatritra massif proposed by Rasolofoharivelo *et al.* (2013) as part of Lemur Conservation Action Plan (Schwitzer *et al.*, 2013). We conducted a collaborative lemur inventory, with a particular focus on gathering information on the unidentified large bamboo lemur reported to occur and the bamboo species of the area, by updating density information on the endemic Kalambatritra sportive lemur, and by identifying threats to the survival of lemur populations.

Methods

The survey was undertaken in the Kalambatritra Special Reserve, located in the central part of the Kalambatritra massif in the south-east of Madagascar (Fig. 1). Two sites within the southern sector of the Reserve were surveyed (Fig. 2): Amparihy (23.46°S 46.46°E) and Angodongodo (23.47°S 46.47°E).

The survey mission was conducted from 22 November to 23 December 2015, including travel time from and to Antananarivo. The survey was timed to coincide with the season of abundant young ground shoots of the large-culmed bamboo species present in the area.

The survey team was composed of three primatologists (LR, TR, JR), one research assistant from the Madagascar National Parks, three local guides and two local cooks. The data collection took place in December 2015. Two transects (one and 2km-long) were walked at the Amparihy locality, from the 6th to the 8th of December. Each transect was walked twice per night, from 19.00 to 21.00 in one direction, and from 21.30 to 23.30 in the opposite direction, giving a total of 18 km. Any lemur within 15 m of the transect was recorded. For each observation, the species was identified and the number of individuals was noted. Perpendicular distance from the transect was estimated

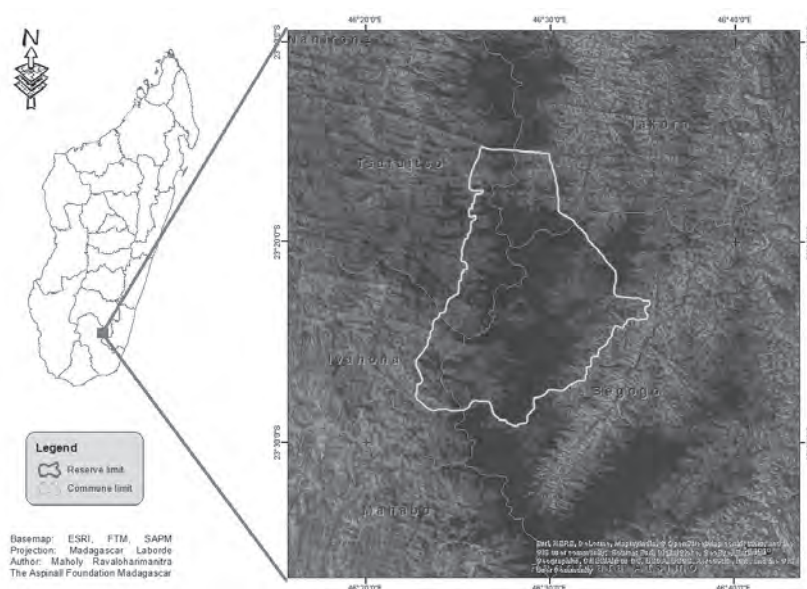


Fig. 1: Map of Madagascar, the Kalambatritra massif, and the limits of the Kalambatritra Special Reserve.



Fig. 2: Location of the Amparihy survey site (black star) within the Kalambatritra Special Reserve (thin black outline). Also shown are approximate forest cover (light grey), major watercourses (dark grey) and other localities mentioned in the text (grey triangles).

by the experienced members of the survey team.

Non-standardised surveys of diurnal lemurs were carried out from the 5th to the 13th of December, and signs of threats were informally recorded on the 14-15th of December. All bamboo species encountered during the diurnal lemur surveys were noted and photographed. Large-culmed bamboo species were identified using King *et al.* (2013), and measured to record diameter at breast height and internode lengths.

Results

Lemur inventory

Six lemur species were observed including *Eulemur collaris*, *Haplemur meridionalis*, *Lepilemur wrightae*, *Microcebus* sp., *Cheirogaleus* sp., *Avahi* sp. (Tab. 1 and Fig. 3). Feeding signs of aye-aye (*Daubentonia madagascariensis*) were found on bamboo culms (Fig. 4). Local people claimed that ring-tailed lemurs (*Lemur catta*) still occur in the gallery forests to the west of the massif. Local people also claimed that in the east of the Reserve they had seen feeding signs on giant bamboos that might be an indication of the presence of greater bamboo lemurs (*Prolemur simus*).

Nocturnal lemur density estimates

During the nocturnal transects, Kalambatritra sportive lemurs were observed on nine occasions (totalling 15 individuals, of 1 to 3 individuals at a time), mouse lemurs and dwarf lemurs on three occasions each (single individuals on each occasion), and one woolly lemur on a single occasion. Our provisional density estimate for Kalambatritra sportive lemurs based on the transect observations is 40.74 ± 22.22 individuals per km².

Tab. 1: Direct observations of lemurs during the survey.

Species	Number of observations	Total number of observed individuals	Group size range	Group size mean	Group size st. dev.
<i>Eulemur collaris</i>	2	12	5 to 7	6	1.41
<i>Haplemur meridionalis</i>	2	5	2 to 3	2.5	0.71
<i>Lepilemur wrightae</i>	9	15	1 to 3	1.67	0.71
<i>Microcebus</i> sp.	3	4	1 to 2	1.33	0.58
<i>Cheirogaleus</i> sp.	3	3	1	1	0
<i>Avahi</i> sp.	1	1	1	1	0



Fig. 3: Kalambatritra sportive lemur *Lepilemur wrightae*.



Fig. 4: Feeding signs of aye-aye *Daubentonia madagascariensis*.

Bamboo inventory

Three species of bamboo were common in the survey site, the erect bamboo *Arundinaria* sp. (Fig. 5), known locally as “volontsangana” and two climbing bamboos known as “volohoto” and “tsingolovolo”. According to the local guides two other bamboo species also occur in the Reserve, known as “lagnana” (*Cathariostachys* sp.), and “betsipoho” or “volosodina”. The local guides claimed that the giant bamboo *Cathariostachys* sp. occurs further to the east of the Reserve, particularly in the locality of Analambarika, close to the villages of Nanosora and Fenoarivo (*fokontany* of Anezandava II).



Fig. 5: A bamboo *Arundinaria* sp. known locally as “Volontsangana”.

Bamboo measurements

Twenty-three culms of the bamboo locally-known as “volontsangana”, an *Arundinaria* sp., were measured. DBH ranged from 3.14 to 4.87 cm, with a mean of 3.84 ± 0.37 cm. Internode lengths ranged from 18.25 to 31.08 cm (except one recorded at 46.37, possibly in error) with a mean of 25.29 ± 5.37 cm.

Threats identified

No evidence of anthropogenic disturbance was observed on the two transects cut in Amparihy. Note that this site is only a small part of the Kalambatritra Special Reserve and we did not visit other areas.

Discussion

Bamboo and bamboo lemurs

Southern lesser bamboo lemurs (*Haplemur meridionalis*) were observed directly during this survey. The presence of a larger, as yet unidentified, bamboo lemur was not confirmed on this occasion, perhaps due to the survey site being located in a high-elevation part of the Reserve where *Cathariostachys* bamboos were not present. The dominant large-culmed bamboo present was *Arundinaria* sp., a genus known to occur at high elevations in Madagascar (King *et al.*, 2013), and for which this record represents a southern extension to the known range of this genus in Madagascar, as shown by King *et al.* (2013). *Arundinaria* bamboos are eaten occasionally by greater bamboo lemurs (*Prolemur simus*) elsewhere in Madagascar, but their preferred bamboo food plants, *Cathariostachys* spp. and *Valiha diffusa*, occur at mid and low elevations respectively (King *et al.*, 2013). Further surveys for bamboo lemurs in the Kalambatritra massif should therefore focus on lower elevation sites in the eastern parts of the massif, where *Cathariostachys* and/or *Valiha diffusa* are more likely to occur. Local knowledge of potential sites containing *Cathariostachys* bamboos was collected during this survey; these sites should be visited during a subsequent bamboo growing season, from October.

Ring-tailed lemurs

Ring-tailed lemurs (*Lemur catta*) were not observed during this survey. Local people claimed that they do still occur in the gallery forests to the west of the massif. This information will require a specific mission to verify.

Kalambatritra sportive lemurs

Kalambatritra sportive lemurs (*Lepilemur wrightae*) were the most frequently observed lemurs during the nocturnal

transects undertaken at the Amparihy locality. A provisional density estimate was calculated of 40.74 ± 22.22 individuals per km². Irwin *et al.* (2001) gave a density of 72 per km² at Ambalabe in the centre of the Reserve (Fig. 2), whilst Rabeson *et al.* (2006) found 6 per km² in the Beakora forest to the south-east of the Reserve (Fig. 2). Our results confirm that the Kalambatritra Special Reserve still holds high densities of this species which currently is only known from the Kalambatritra massif. Further research is required in the Reserve to understand the factors affecting density of sportive lemurs here.

Threats to lemur populations

Considering the current state of the habitat of the Kalambatritra Special Reserve (at least, within the survey area of Amparihy), the degree of threat seems still to be minimal. No signs of disturbance were recorded. This could explain the fairly high frequency of lemur observations during the survey. However local information suggests that threats are more intense elsewhere in the Reserve. There are also forests outside the Reserve that would benefit from community-based conservation interventions.

Difficulties related to insecurity in the region

The survey team had various difficulties during this expedition related to the insecurity within the general region. The situation prevented the team from visiting other sites and caused some delays. For example, during a short stay in the village of Ivahona, two armed attacks occurred during which several cattle were stolen and the mayor was attacked. Fortunately there was no loss of life, although a subsequent ambush there allegedly resulted in the death of over eighty people. Also, just a few days after the team passed through the village of Betoho, three men were reported to have been brutally massacred. The survey team was exposed repeatedly to death threats, and the expedition was characterised by constant fear and anxiety amongst the team.

Recommendations

Very few data are available regarding the biodiversity of the Kalambatritra massif in general and the Kalambatritra Special Reserve in particular. Such knowledge is crucial for the sustainable management of natural resources, so a full biological inventory of the fauna and flora is recommended. Given the restriction of the sites visited during this mission because of the insecurity in the region, the presence of greater bamboo lemurs remains uncertain. We therefore recommend extending the search areas in other localities, including that of Analambarika, located near the villages of Nanosora and Fenoarivo (Fokontany Anezandava), which is characterized by the presence of *Cathariostachys* sp. (known locally as Lagnana). According to local guides, feeding signs similar to those of greater bamboo lemurs have been seen in the Ankadimpisaky and Analampisaky localities, where *Arundinaria* sp. (“volontsangana”) is the dominant bamboo. Our results confirm that the Kalambatritra sportive lemur is still abundant in the Reserve, particularly in the area of Amparihibe. It is therefore important to conduct a study of its biology, through the establishment of a system of participatory monitoring.

Insecurity is the primary factor obstructing development within the region, particularly in the field of biodiversity conservation. Working with local communities, undertaking education and awareness campaigns, and developing alternative activities to cattle rustling are all important activities necessary to improve the lives of local people and to facilitate community-based conservation.

Acknowledgements

We are very grateful for the funding of this survey provided by the Primate Action Fund (grant PAF 15-16) and The Aspinall Foundation. Logistical support and technical equipment was provided in kind by The Aspinall Foundation. We thank Madagascar National Parks for their collaboration, the Ministry of the Environment, Ecology, and Forests of the Government of Madagascar for providing the research permit, and the local authorities and communities for their cooperation and collaboration.

References

- IUCN 2015. IUCN Red List of Threatened Species. <www.iucn-redlist.org>.
- Irwin, M.T.; 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.
- King, T.; Randrianarimanana, H.L.L.; Rakotonirina, L.H.F.; Mihaninekena, T.H.; Andrianandrasana, Z.A.; Ratolojanahary, M.; Randriahaingo, H.N.T.; Ratolojanahary, T.; Rafalimandimby, J.; Bonaventure, A.; Rajaonson, A.; Ravaloharimanitra, M.; Rasolofoharivelo, M.T.; Dolch, R.; Ratsimbazafy, J.H. 2013. 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.
- 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.; Mackinnon, J. 2010. *Lemurs of Madagascar* (3rd ed.). Conservation International, Washington, DC.
- Rabeson, P.; Randrianarisata, D.; Rasabo, P.; Andrianoely, D.; Razafindrakoto, G.; Razafindraibe, D.; Rasabo, L.; Wright, P. C. 2006. Surveys for lemurs and biodiversity in the Beakora Forest southeast of Kalambatritra Reserve, Madagascar. *Lemur News* 11: 5-9.
- Rasolofoharivelo, T.; Rakotonirina, L.H.F.; King, T. 2013. Kalambatritra massif. Pp. 101-102. In Schwitzer, C.; Mittermeier, R.A.; Davies, N.; Johnson, S.; Ratsimbazafy, J.; Razafindramanana, J.; Louis Jr., E. E.; Rajaobelina, S (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.
- 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.

Legal ownership of lemurs in Madagascar

Kim E. Reuter^{1*}, Melissa S. Schaefer²

¹Africa & Madagascar Field Division, Conservation International, Nairobi, Kenya

²Department of Anthropology, University of Utah, Salt Lake City, UT, 84112, USA

*Corresponding author: kimeleanorreuter@gmail.com

Key words: Lemurs, Madagascar, Africa, pet, trade, capture, captive

Abstract

Little is known about the legal ownership of lemurs in Madagascar. We surveyed in-country legal captive facilities for the species kept in captivity, resources needed, and the roles the facilities play in lemur conservation. We found that *Lemur catta* and *Eulemur fulvus* were the most common species at these facilities and most were in good condition. Facilities may keep lemurs for reintroduction, income, and educational outreach. Facilities probably lack the resources

needed to care for lemurs and the capacity to accommodate the volume of lemurs confiscated from the illegal pet trade.

Résumé

Les lémuriens sont le groupe des grands vertébrés le plus menacé d'extinction dans le monde. Cependant, il y a eu peu de discussion à propos de la captivité légale des lémuriens dans le pays. Nous avons interrogé trois des 20 centres d'accueil autorisés de les garder en captivité pour savoir les espèces gardées en captivité, les ressources nécessaires pour leurs installations, et les rôles que ces installations jouent dans la conservation des lémuriens. Les résultats indiquent que *Lemur catta* et *Eulemur fulvus* étaient les espèces les plus fréquemment gardées à ces installations, que de nombreux (33 %) lémuriens y sont arrivés entre 2013 et 2015, et que la plupart de ces lémuriens sont arrivés dans les installations en bon état et en bonne santé. Les lémuriens sont arrivés après avoir été donné par les particuliers, étant nés en captivité, secourus par les feux de brousse, prises de propriétaires illégaux, ou donnés par les ONG. Il est peu probable que les installations disposent des ressources nécessaires pour prendre soin des lémuriens et qu'ils manquent la capacité d'accueillir le volume de lémuriens confisqués par le commerce illicite des animaux domestiques.

Introduction

Lemurs face various direct (habitat destruction, hunting, live capture; Mittermeier et al., 2010; Reuter et al., 2015) and indirect threats (climate change; Brown and Yoder, 2015). Of all the direct threats, live capture remains the least studied although it is generally illegal to remove a lemur from its natural habitat and keep it in captivity (Mittermeier et al., 2010; Petter, 1969). Illegal captive lemurs can be confiscated by the government (Welch, 1996) and owners can be fined (5-100 USD; Ordonnance no 60-128, 1962). It is estimated that over 28,000 individuals were kept in illegal captivity from 2010 to mid-2013 (Reuter et al., 2015).

In addition to illegal captivity, some legal captive ownership of lemurs is allowed in Madagascar. Several different types of entities are allowed to own lemurs (LaFleur et al., 2015). First, at least 20 entities (NGOs, hotels, and zoos) currently have permission (granted by the Ministry of Environment, Ecology, Water, and Forests) to legally keep lemurs in captivity. These legal captive facilities are not listed in this manuscript because they have not typically been publicly identified as legally owning captive lemurs (but see LaFleur et al., 2015 for a report on the Reniala Lemur Rescue Center). Second, regional government entities (e.g. *Direction Régionale de l'Environnement et des Forêts* or DREF; Madagascar National Parks) can also keep lemurs in captivity (Jonah Ratsimbazafy, pers. comm.) following confiscation (KER pers. obs.). Third, DREF sometimes issues permits to individuals (*Gardien séquestriel*) who keep lemurs temporarily before they are transferred to legal captive facilities. One individual who had been a *Gardien séquestriel* five times (information collected via the Pet Lemur Survey, www.petlemur.com) received his/her permit from DREF and was subject to inspection (DREF inspected the animals and the captive conditions and provided dietary guidelines). The individual never paid fees to receive a permit. This individual volunteered to be a *Gardien séquestriel* and appeared to pay the costs of housing a lemur. It is not clear whether other *Gardien séquestriel* are chosen by the government and/or whether they receive outside funding for their work in caring for captive lemurs.

Little is publicly reported about the legal captivity of lemurs in Madagascar. To our knowledge, aside from the LaFleur *et al.* (2015) report, there is no public document explicitly discussing this issue. It has been suggested (Reuter *et al.*, 2015; Schwitzer *et al.*, 2013) that the government could create programs to better regulate captive facilities and that these might be beneficial to lemur conservation programming. We summarize information concerning legal captive facilities in Madagascar and provide thoughts on how the facilities could be useful to conservation initiatives.

Methods

Data were collected in April and May 2015, when we made email contact twice in French with 14 of the 20 hotels, zoos, reserves, and non-profit organizations that, to our knowledge, can legally house captive lemurs in Madagascar; these were entities for which we could locate contact information. We requested information about all captive lemurs in the history of the organization, including: 1) species; 2) date of arrival at the facility; 3) state of health at arrival; 4) age at arrival; 5) sex; 6) how the lemur came to the facility; and 7) information relevant to the lemur's history prior to/after arrival at the facility. Follow-up emails were sent for additional information.

When facilities provided us with data, they rarely provided explanatory or background information. For example, facilities would simply class lemurs as in 'good health' or 'bad health' upon arrival and would not usually provide information on how the state of health was determined. Most of the captive facilities had websites, though the websites rarely focused on the captive lemurs per se. In the discussion we name some legal captive facilities; this does not imply that the facilities provided data to us but merely reflects that these are well-known entities with legal captive lemurs in Madagascar.

Results

Four facilities responded to our emails and three provided data; not all facilities provided all of the requested information. The three facilities reported having 57 lemurs in captivity. The names of the facilities are not provided here as anonymity was implicit in the provision of data to the authors. *Lemur species kept in captivity:* The three most common species held in legal captive facilities were *Lemur catta* followed by *Eulemur fulvus* and *E. rufus* (Tab. 1).

Tab. 1: Species of lemurs kept captive in three legal captive facilities in Madagascar. Facilities are not named to protect anonymity.

	Sample size	Percent of captive lemurs per species
<i>Eulemur</i> sp.	20	35.09
<i>Eulemur fulvus</i>	9	15.79
<i>Eulemur mongoz</i>	4	7.02
<i>Eulemur rufus</i>	7	12.28
<i>Haplemur</i> sp.	2	3.51
<i>Lemur catta</i>	25	43.86
<i>Microcebus murinus</i>	5	8.77
<i>Propithecus coquereli</i>	3	5.26
<i>Varecia vareigata</i>	2	3.51
Total	57	-

Length of captivity

Legal facilities received lemurs between 1999 and 2015; 33% arrived at the legal captive facilities between 2013 and 2015. None of the facilities had reintroduced lemurs into the wild and none indicated that lemurs had died of natural causes.

Health upon arrival

71 % lemurs were in good condition upon arrival at the legal captive facility (Tab. 2) though facilities provided no explanation for how the health of a lemur was determined. In contrast, descriptions of lemurs in bad condition included: being thin/underweight ($n = 9$ out of 11 lemurs in bad health); damaged hair/fur ($n = 4$); and abnormal behavior ($n = 2$). Four of these lemurs were aggressive towards humans though specific examples of how the lemurs were aggressive were not provided.

How the lemurs came to the facility

Many lemurs were donated by private individuals, others were born in captivity, donated after being rescued from bush fires, taken from illegal owners, or donated by NGOs (Tab. 2).

Tab. 2: Characteristics of legal captive management across three legal captive facilities in Madagascar. Facilities are not named to protect anonymity.

	Sample size	Average/percent across the three captive facilities
Year of arrival (years ago)	51	3.93 $\pm$ 1.04 years ago Range 0 to 16 years ago
Health upon arrival	38	71% of lemurs 29% of lemurs
Procurement	42	
Donated by private individuals		29% of lemurs
Born at the facility		14% of lemurs
Donated by community after being rescued by bush fires		14% of lemurs
Taken from people who had recently captured lemurs from the wild		7% of lemurs
Seized by the government		7% of lemurs
Taken from/donated by hotels		7% of lemurs
Donated by an NGO		2% of lemurs

History of captivity prior to arrival at the facility

Five of the lemurs in good condition had been kept in cages (three described as small-sized, two described as medium-sized cages; the description of the cages as 'small' and 'medium' is subjective) prior to arrival at the legal captive facility. Five of the lemurs (all in bad condition upon arrival) had been restrained using ropes and three were reportedly "abused" by their former owners. In one case, a female lemur had been killed but the unweaned juvenile had been kept as a pet. No other information was provided about the captive conditions of these lemurs prior to arrival.

Discussion

Lemurs kept in legal captivity

Almost three-quarters of the lemurs kept in the legal captive facilities belonged to three species: *Lemur catta*, *Eulemur fulvus*, and *Eulemur rufus*. Although sample sizes are small, given that many of the lemurs were taken from illegal captivity, these data agree with past studies which suggest that the illegal pet ownership of lemurs does not impact all 106 lemur species equally and that *L. catta* and *E. fulvus* are the most common captive species (Reuter *et al.*, 2015; Reuter and Schaefer, 2016).

Responsibilities of legal captive facilities

Legal captive facilities are required to care for the long-term needs of captive lemurs (lemurs arrived at facilities, on average, three years ago), provide veterinary care to those who arrive at the facility in bad health, and monitor breeding

pairs and juveniles born at the facility (the Lemur Rescue Center now administers injectable contraceptives to female lemurs to prevent reproduction, LaFleur *et al.*, 2015). Abnormal and stereotypical behaviors (e.g. damaged hair/fur perhaps due to over-grooming; Shire, 2012) were exhibited by some individuals upon arrival at the facilities (also noted in LaFleur *et al.*, 2015). Therefore, the facilities should have expertise in long-term captive management (e.g. enrichment strategies), veterinary care, animal psychology, animal husbandry, and weaning/care of juvenile primates. In addition, they need the funding and resources to provide an appropriate physical environment (e.g. spacious cages) and a well-rounded diet.

Resources needed by legal captive facilities

We did not assess resource availability at legal captive facilities. However, it is likely that some of the captive facilities are resource-poor. While several of the 20 legal facilities are affiliated with larger funding organizations, others rely almost exclusively on revenue from tourist visits. It is not clear how many of the organizations have stable funding sources, as this information cannot always be inferred from websites and publicly available documents. Nevertheless, keeping primates in captivity is expensive; in Indonesia, it costs over \$5400 per year to keep *Pongo* sp. in captivity (Wilson *et al.*, 2014) although lemurs are significantly smaller and would thus have lower costs (e.g. they consume less food and require smaller captive environments). Madagascar ranks 138th out of 194 countries in its Gross Domestic Product (World Bank, 2015); therefore, monetary resources from within the country for conservation are limited. The fact that some facilities may not have all the resource they need is also evidenced by data collected via the Pet Lemur Survey (www.petlemur.com), where respondents reported that some legal captive facilities kept lemurs in sub-optimal conditions (e.g. on ropes or in small cages). It should be noted that at least three of the 20 facilities are making explicit efforts to increase their resource capacity to keep lemurs in captivity (e.g. Park Ivoloïna works with international veterinarians and researchers).

Objectives of legal ownership

Facilities appear to differ in their reasons for keeping captive lemurs (rehabilitation/reintroduction; money-making; educational outreach). Understanding these motivations is important for clarifying facilities' roles in conservation programming. For example, only two of the 20 facilities are explicitly aiming at rehabilitating lemurs for reintroduction into the wild (e.g. Lemur Rescue Center, LaFleur *et al.*, 2015). Understanding the motivations of legal captive facilities can help with the quick re-introduction of lemurs that have not been kept by humans for extended periods of time; in this study, several lemurs were taken into captivity after a bushfire destroyed their natural habitat and were not released despite the fact that they were not yet habituated (the lemurs were taken to a facility whose objectives appear to involve keeping lemurs in long-term captivity). There are facilities where lemurs incapable of being reintroduced into the wild could be placed, including facilities focused on educational and outreach (e.g. Tsimbazaza Zoo).

Policy and management suggestions

It is unclear why so few captive lemur facilities are not reintroducing lemurs into the wild, but it may be related to: 1) the high cost of reintroduction (cost of a successfully released *Pongo* sp. was \$44,121; Wilson *et al.*, 2014; to

our knowledge no public document discusses the cost of re-introducing lemurs into the wild) or post-introduction monitoring (reviewed by Trayford and Farmer, 2012); 2) the lack of expertise in reintroductions or a lack of guidelines about where introductions should take place; 3) habituating lemurs such that they can never be released; 4) monetary incentives related to keeping lemurs in captivity; and 5) as noted in LaFleur *et al.* (2015), a lack of suitable habitat in which to release the lemurs.

The reintroduction of primates into natural habitats is not easy; one-third of *Nycticebus* sp. released following all IUCN protocols nevertheless perished (Streicher and Nadler, 2003). Captive primates released into the wild may also carry diseases and other parasites, hybridize with endemic species, and compete with existing populations for resources (Ceballos-Mago *et al.*, 2010). Several reintroductions of primates provide a blueprint for future attempts. In the late 1990's, thirteen *Varecia variegata* from the United States were reintroduced through an extensive, multi-year effort involving several NGOs and government agencies (Britt *et al.*, 2004). The project was considered a success (Britt *et al.*, 2004) though the survival rate was 38.5% (Britt, 2003). In 2006/7, 27 *Propithecus diadema* and 7 *V. variegata* were translocated into degraded forests patches; this was also considered a success (Day *et al.*, 2009). Case studies from across the world could provide guidance on how to undertake successful reintroduction programs (e.g. *Pongo* sp., Wilson *et al.*, 2014; *Saguinus* sp., Dietz *et al.*, 1987; IUCN guidelines for reintroduction, IUCN/SSC, 2013).

Given that many of the facilities are not actively reintroducing lemurs into the wild, their purpose – as it relates to the management of the illegal pet trade – should be clarified. Legal captive facilities currently appear to be the primary government-sanctioned location where confiscated lemurs are placed. However, the capacity of legal captive facilities in Madagascar to accept more lemurs is limited. For example, the three facilities in this study housed between 9-25 lemurs each; if every legal captive facility in Madagascar housed 25 lemurs, there would still only be 500 lemurs in legal captivity; just 1.77 % of the numbers of lemurs kept in illegal captivity between 2010 and 2013 (Reuter *et al.*, 2015). Even if legal facilities tripled their capacity to care for more lemurs, due to the resource limitations detailed above, it is clear that the current number of legal captive facilities are insufficient. If the Malagasy government aims to maintain or increase enforcement of pet lemur regulations, and if that results in more confiscations of pet lemurs, then more legal captive facilities need to be authorized or alternative programs need to be created that identify where lemurs are placed following confiscation.

Other opportunities for the improvement of legal captive management in Madagascar exist. First, the Malagasy government has proactively organized training workshops for legal captive facilities and appears to be making progress on this issue (Jonah Ratsimbazafy, *pers. comm.*). Second, it is promising that individuals legally owning lemurs (e.g. Gardien séquestriel) must provide evidence that lemurs will receive a minimum level of care. However, what these minimal levels of care entail and the system by which individuals/facilities can become legal owners is not clear. These guidelines should be made public so as to increase transparency and increase accountability. Third, based on the facilities' websites and information collected via the Pet Lemur Survey (www.petlemur.com), it does not appear that legal captive facilities are required to identify themselves to the public as being legally permitted to own lemurs. Requiring legal captive facilities to clearly display their permits would allow

the public to identify which facilities have met government guidelines for captive ownership while highlighting businesses that are keeping lemurs illegally. Similar, albeit voluntary programs, have been used in other regions of the world to identify restaurants that pledge not to sell certain types of foods (e.g. www.fish2fork.com).

Future directions

We acknowledge that the data presented in this paper are preliminary and encourage follow-up studies to examine this subject in greater detail. Additional research and transparency is needed to understand the needs of legal captive facilities and their role in conservation in Madagascar. At the moment, legal captive facilities do not often publicly identify themselves as such and there appears to be little funding to support learning exchanges and collaboration among facilities. Collecting data on this topic is difficult; almost no documents on this topic are available to the public from any of the stakeholders (including government agencies and legal captive facilities).

Acknowledgements

Thanks to the many people who voluntarily provided information for this data collection effort and to Toby Schaefer for assistance with English-French translation. Thanks to an anonymous reviewer for providing comments that increased the quality of the manuscript. There were no outside funding sources.

References

- Britt, A. 2003. Project Betampona Update. *Lemur News* 8: 6.
- Britt, A.; Welch, C.; Katz, A.; Lambana, B.; Porton, I.; Junge, R.; Crawford, G.; Williams, C.; Haring, D. 2004. The re-stocking of captive-bred ruffed lemurs (*Varecia variegata variegata*) into the Betampona Reserve, Madagascar: methodology and recommendations. *Biodiversity and Conservation* 13: 635-657.
- Brown, J.L.; Yoder, A.D. 2015. Shifting ranges and conservation challenges for lemurs in the face of climate change. *Ecology and Evolution* 5(6): 1131-1142.
- Ceballos-Mago, N.; Gonzalez, C.E.; Chivers, D. 2010. Impact of the pet trade on the Margarita capuchin monkey *Cebus apella margaritae*. *Endangered Species Research* 12: 57-68.
- Day, S.R.; Ramarokoto, R.E.A.F.; Sitzmann, B.D.; Randriamboahanginjatovo, R.; Ramanankirija, H.; Randrianindrina, V.R.A.; Ravololonarivo, G.; Louis Jr., E.E. 2009. Re-introduction of diademed sifaka (*Propithecus diadema*) and black and white ruffed lemurs (*Varecia variagata editorum*) at Analamazaotra Special Reserve, eastern Madagascar. *Lemur News* 14: 32-38.
- Dietz, J.M.; Castro, M.I.; Beck, B.B.; Kleiman, D.G. 1987. The effects of training on the behavior of captive born Golden Lion Tamarins reintroduced into a natural habitat. *International Journal of Primatology* 8(5): 425.
- Madagascar Flora and Fauna Group. 2015. Parc Ivoloïna. <http://www.madagascarfaunaflora.org/parc-ivoloina.html>
- IUCN/SSC. 2013. Guidelines for Reintroduction and other conservation translocations. Gland, Switzerland. 66 p.
- LaFleur, M.; Clarke, T.; Giraud, L.; Youssouf, I.A.J.; Adiba, M. 2015. Reniala Lemur Rescue Center for Ring-Tailed Lemurs in Madagascar. *Lemur News*. 19: 11-16
- Mittermeier, R.A.; Louis Jr., E.E.; Richardson, M.; Schwitzer, C.; Langrand, O.; Rylands, A.B.; Hawkis, F.; Rajaobelina, S.; Ratsimbazafy, J.; Rasoloarison, R. et al. 2010. Lemurs of Madagascar. Tropical Field Guide. 3rd ed. Arlington, VA: Conservation International. p 762.
- Ordonnance no 60-128/1962. Fixant la procédure applicable à la répression des infractions à la législation forestière, de la chasse, de la pêche et de la protection de la nature, modifiée par l'ordonnance. Ordonnance no 60-128. Madagascar.
- Petter, J.J. 1969. Speciation of Madagascar lemurs. *Biological Journal of the Linnean Society* 1: 77-84.
- Reuter, K.E.; Gilles, H.; Wills, A.R.; Sewall, B.J. 2016. Live capture and ownership of lemurs in Madagascar: extent and conservation implications. *Oryx* 2: 344-354.
- Reuter, K.E.; Schaefer, M.S. 2016. Illegal Captive Lemurs in Madagascar: Comparing the Use of Online and In-Person Data

Collection Methods. *American Journal of Primatology*. DOI: 10.1002/ajp.22541.

- Schwitzer, C.; King, T.; Robsomanitrondrasana, E.; Chamerlan, C.; Rasolofoharivelo, T. 2013. Integrating ex situ and in situ conservation of lemurs. In Schwitzer, C.; Mittermeier, R.A.; Davies, N.; Johnson, S.; Ratsimbazafy, J.; Razifindramanana, J.; Louis Jr., E.E.; Rajaobelina, S. (eds.). *Lemurs of Madagascar: A Strategy for their Conservation 2013-2016*. Bristol, U. K.: IUCN/SSC Primate Specialist Group Bristol Conservation and Science Foundation Conservation International.
- Shire, T. 2012. Differences in behavior between captive and wild ring-tailed lemur (*Lemur catta*) populations: implications for reintroduction and captive management. Master's Thesis, Iowa State University. 81 p.
- Streicher, U.; Nadler, T. 2003. Re-introduction of pygmy lorises in Vietnam. *Reintroduction News* 23: 37-40.
- Trayford, H.R.; Farmer, K.H. 2012. An assessment of the use of telemetry for primate reintroductions. *Journal for Nature Conservation* 20: 311-325.
- Welch, C. 1996. Projects at Ivoloïna and Betampona in Eastern Madagascar. *Lemur News* 2: 11.
- Wilson, H.B.; Meijaard, E.; Venter, O.; Ancrenaz, M.; Possingham, H.P. 2014. Conservation strategies for orangutans: reintroductions versus habitat preservation and the benefits of sustainably logged forest. *PLoS ONE*. DOI: 10.1371/journal.pone.0102174
- World Bank. 2015. World Development Indicators Database. <http://databank.worldbank.org/data/download/GDP.pdf>

Scent marking preferences of ring-tailed lemurs (*Lemur catta*) in spiny forest at Berenty Reserve

Jen Tinsman^{1*}, Julie C. Hagelin², Alison Jolly³

¹Department of Ecology, Evolution, Environmental Biology, Columbia University, NYC, USA

²Institute of Arctic Biology, University of Alaska Fairbanks, Fairbanks, Alaska, USA

³Formerly: Department of Biology and Environmental Science, University of Sussex, School of Life Sciences, Falmer, Brighton, United Kingdom

*Corresponding author: jtinsman@amnh.org

Key words: *Lemur catta*, scent marking, spiny forest, plant substrates, captive enrichment

Abstract

Ring-tailed lemurs (*Lemur catta*) scent mark plants for territorial defense and intrasexual competition. We hypothesized that choosing an appropriate plant substrate for marking could be a factor in olfactory communication, as some plants may be easier to scent mark and/or investigate for scent signals than others. We addressed two questions in the spiny forest botanical garden at Berenty Reserve: (1) Which plant genera are scent marked? (2) Which plant morphologies are associated with scent marking? Unlike studies in gallery forest, we found marking occurred disproportionately on the genus *Uncarina*, as well as other plant taxa that are known lemur foods. Marked stems were also more likely to have a smaller stem and forked shape, compared to nearest unmarked neighbors. The genus *Euphorbia*, a plant with sap that is a known irritant to humans, was avoided, even though its morphology appeared suitable for marking. *Uncarina* sap has also been noted for its odor and unique chemistry. Our data suggest that ring-tailed lemur scent marking is strongly associated with certain plant substrates over others, including some with unusual chemical properties. Mechanisms underlying how plant choices facilitate scent communication, or interact chemically with lemur marks, represents a promising area of research. Preferences

we describe are also germane to providing captive lemurs with enrichment to promote natural marking behavior.

Introduction

Lemurs possess arguably the most complex scent marking behavior of all primates (Jolly, 1966; Schilling, 1974). Ring-tailed lemurs (*Lemur catta*) use scent in a variety of social contexts, including territorial defense, mate evaluation, and intrasexual competition (Kappeler, 1998; Jolly, 1966; Mertl-Millhollen, 1988, 2006). Both sexes do a “handstand” to place genital marks on substrates at lemur nose height, and males arm-mark plants with metacarpal spurs and glandular secretions from the wrist and armpit, leaving both visual and olfactory signs, often on top of genital marks (Millhollen, 1986; Fig. 1). Kappeler (1998) noted that senders of scent signals cannot control who receives them, comparing the situation to a “bulletin board,” where lemurs transmit signals without a particular intended recipient. Individuals may therefore obtain an advantage in “advertising” their scent by choosing particular plant species or substrates that improve a mark’s attractiveness or stability.

Previous studies of substrate preference in ring-tailed lemurs at Berenty Reserve found no preferences for particular plant species, but strong preference for small, vertical stems (Schilling, 1974; Millhollen, 1986). These studies focused on scent marking behavior during the wet season, when lemurs are more arboreal within closed-canopy gallery forest. However, troops at Berenty also shift during the dry season into relatively open “spiny” forest, dominated by plants in the family Didiereaceae, where scent marking has received relatively less attention (Goodman *et al.*, 2006). Our study describes ring-tailed lemurs’ choices for scent marking during the dry season by answering two questions: (1) Which plant genera are scent marked in the spiny forest? (2) Which plant morphologies are associated with scent marking behavior? We predicted that preferences for small, vertical stems in gallery forest (Schilling, 1974; Millhollen, 1986) would also apply in the spiny forest. Furthermore, we explored whether plant selection was associated with terrestrial marking habits, lemur diet, plant chemistry or anti-herbivore defenses.

Methods

Data were collected at Berenty Reserve (24°58'S, 46°16'E) during the dry season, when ring-tailed lemurs give birth. We followed a habituated troop of 15 lemurs (6 adult females, 7 adult males, and 2 subadult males) from 14 Sept - 19 Nov 2010. Troop members spent most of their time in the spiny forest, where they are often terrestrial and scent mark near ground level.

We also surveyed plants for evidence of past arm and genital scent marking (Fig. 1c) within the outdoor “botanical garden.” The botanical garden (~125 x 70 m) comprised about 20% of the troop’s range and was a major zone of conflict with other troops, making it a good site for surveying plants with scent marks and observing scent marking behavior. In the late 1940’s, Berenty’s garden was established by transplanting plants of all ages from nearby spiny forest. Thus, while the plants in our study reflected those present in natural spiny forest, the relative abundance of each plant species likely differed.

Arm-marking by males often exposes a plant’s underlying green wood and causes visible scars on the stem, whereas genital marking by either sex can leave a visible, oily residue (Fig. 1c). We surveyed all plants with stems in the botanical garden (N = 1911) for evidence of arm or genital marking and identified 1534 to genus. We used binomial tests to de-

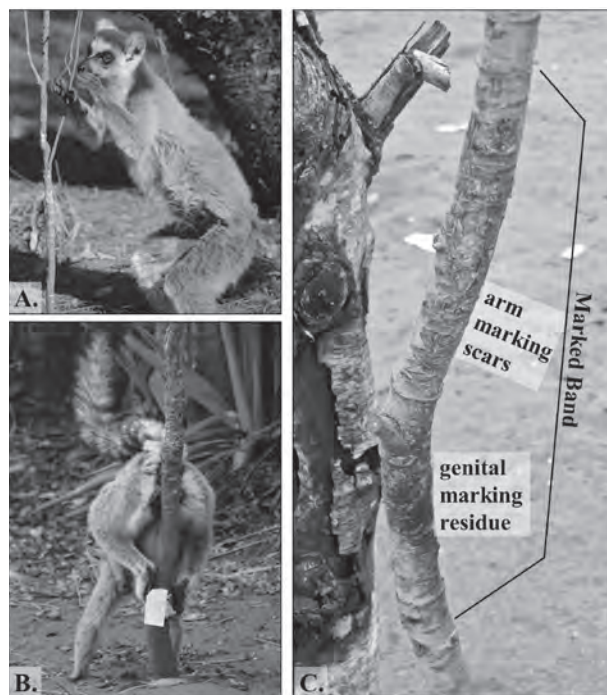


Fig. 1: (A) Male lemur stands to arm-marking a forked stem by anchoring with one hand and marking with the other. (B) Female lemur places a genital mark by depositing secretion from the vaginal labia and genital glands on a stem. (C) The branch shown here has evidence of both arm and genital marking. The most heavily marked region of the stem appears as a “marked band”.

termine whether lemurs marked plant taxa in proportion to their relative abundance.

We also observed 100 instances of scent marking by lemurs. Fifty-six observations occurred in the spiny botanical garden. The rest occurred in natural spiny forest (N = 31) or in natural gallery forest (N = 13). For these 100 plants, we measured the height of each scent marking event. We also measured the circumference of marked and nearest unmarked neighbors, both at mark-height and at the plant’s base. Finally, we noted whether the stem was forked (i.e. “Y-shaped”) and estimated the angle of the stem relative to the ground on the scent marked side, (0-180° in 22.5° increments).

We used generalized linear models (binomial family; GLM) in R 3.2 to investigate the relative contributions of morphology and plant taxa associated with scent marking. Marked status (Y/N) was the response variable. Predictor variables included: diameter at mark-height, forked shape (Y/N), stem angle, and plant clade (N = 11). We grouped the 30 genera from the 100 observed markings into families to increase degrees of freedom and eliminated families with fewer than five observations.

We also constructed another series of models that specified salient morphological predictors and further reduced plant taxa. As before, we used these predictors: diameter at marked height, forked shape (Y/N), and stem angle at marking. However, we reduced plant taxa by specifying whether the plant was in the genus *Uncarina* (Y/N) or *Euphorbia* (Y/N), as these genera were the most unusually over- or under-marked, respectively, based on binomial tests of relative abundance (Fig. 2). We also specified whether a plant was part of *L. catta*’s diet (Y/N; based on Simmen *et al.*, 2006), and whether it had spiny bark, which we surmised might reduce marking. We compared all models’ fit using the Akaike Information Criterion (AIC).

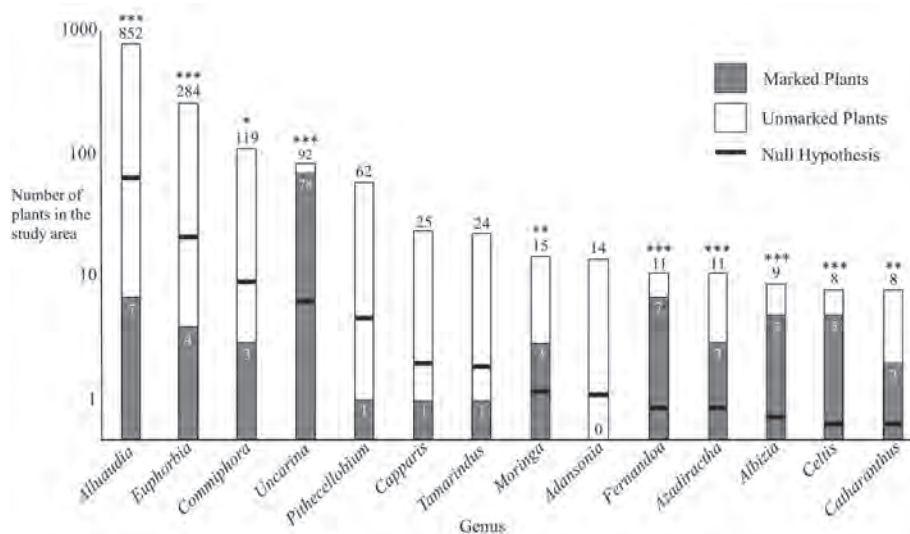


Fig. 2: Pattern of lemur scent marks by plant genus from survey of the botanical garden at Berenty Reserve. White numbers and grey bars represent marked plants per genus. Total plants surveyed per genus are indicated above each white bar. Black lines indicate expected number of marked plants, based on the null hypothesis (7.8% of each genus - see Results). * $P = 0.01$, ** $P < 0.001$, *** $P < 0.0001$

Results

Of the 1534 individual plant specimens identified in our botanical survey, 7.8% ($N = 120$) exhibited visual evidence of arm-marking or genital marking (Fig. 1). The most frequently marked genus, *Uncarina*, made up only 6.0% of the plant population, yet accounted for 65.0% percent of all the marked plants in the survey (binomial test, $P = 2.54 \times 10^{-80}$; Fig. 2). Members of *Albizia*, *Azadirachta*, *Catharanthus*, *Celtis*, *Fernandou*, and *Moringa* were also marked significantly more often than expected (Fig. 2; $P < 0.001$). Conversely, scent marks on plants from the genera *Alluaudia*, *Commiphora*, and *Euphorbia* were significantly underrepresented (Fig. 2; $P < 0.01$).

During observations of 100 scent marking events (genital marks = 44, wrist marks = 56), lemurs chose 30 different plant genera in 20 families. Marks occurred at an average height of 41.9 ± 21.9 cm from the plant's base (base diameter = 4.5 ± 3.8 cm). Visible evidence of countermarked scars and oily residue spanned an average 13.7 ± 16.8 cm band along the stem (Fig. 1). Marked plant stems had an average diameter of 3.0 ± 3.5 cm where the mark was placed. Sixty-five percent of marked stems were forked, compared to only 28% of nearest unmarked neighbor plants ($\chi^2 = 27.51$, $df = 1$, $P < 0.0001$). Marked plants were also more likely to grow at acute angles relative to the ground (30% of marked plants did so, compared to only 5% of unmarked neighbors; $\chi^2 = 21.65$, $df = 1$, $P < 0.0001$). Of the 100 marked plants, 27 were in the genus *Uncarina*. Morphology may explain the preponderance of markings on *Uncarina*, as stems averaged 2.6 ± 0.9 cm in diameter at mark height (4.8 ± 1.5 cm at the base), grew at an acute angle ($78^\circ \pm 29^\circ$), and were forked 85% of the time.

The best-fit model from our first analyses included these predictors: diameter at mark height, forked stem, and plant family. ANOVA of model terms indicated that plants with small diameters ($Z = -3.492$, $P = 0.0005$) and forked stems ($Z = 2.460$, $P = 0.0139$) were marked significantly more than expected. Euphorbiaceae, the only plant family included in the best-fit model, was marked significantly less than expected ($N = 27$, $Z = -2.763$, $P = 0.0057$). No other clade, including Pedaliaceae (to which *Uncarina* belongs; $N = 29$, $Z = 1.037$, $P = 0.2996$), was associated with scent marking ($7 \leq N \leq 20$; $-1.383 \leq Z \leq 0.665$, $0.1666 \leq P \leq 0.6537$).

The second series of GLMs yielded a best-fit model in which scent marking was associated with relatively small-diameter plants ($Z = -4.060$, $P < 0.0001$), forked stems ($Z = 2.658$, $P = 0.008$) and genera previously identified as part of the le-

mur diet ($Z = -4.060$, $P < 0.0001$). As before, *Euphorbia* was marked less than expected ($N = 27$, $Z = -3.534$, $P = 0.0004$). The genus *Uncarina* also did not contribute significantly to the model after morphological traits (small diameter, forked stem) were included ($N = 29$, $Z = 0.876$, $P = 0.3813$). Presence of spiny bark also did not contribute significantly to the best-fit model ($N = 18$, $Z = 0.141$, $P = 0.8879$).

Discussion

Ring-tailed lemurs preferentially scent marked seven plant genera in the managed spiny forest habitat at Berenty Reserve, with *Uncarina* disproportionately accounting for marked plants (Fig. 2). *Uncarina*'s morphology, including a small diameter and forked stems, were notably associated with scent marking in GLMs. Preference for small stems occurs year-round, whether *L. catta* is terrestrial in spiny forest (this study) or arboreal in gallery forest (Schilling, 1974; Millhollen, 1986). Forked stems may facilitate terrestrial marks, as males regularly anchor themselves by holding one tine of a forked stem and arm-marking with the other (Fig. 1). Lemur scent marking was also associated with food plants, suggestive of plant ownership. Our result differs from scent marking of sifaka (*Propithecus verreauxi*; Lewis, 2006), possibly because of we used a fairly broad definition of lemur foods, based on published dietary observations at Berenty (Simmen *et al.*, 2006). In contrast, Lewis (2006) identified food plants only when they were consumed just before or after sifaka scent marking.

Lemurs avoided marking the plant genera *Alluaudia*, *Commiphora*, and *Capparis* (Fig. 2), all of which have stems with anti-herbivore defenses (spiny bark). Lemurs also avoided the genus *Euphorbia*, even though its morphological traits, such as small stems and smooth bark, would otherwise appear amenable to scent marking. *Euphorbia*, however, produces a thick, cloying sap known to be an irritant to humans (Webster, 1986), and possibly lemurs as well.

Interestingly, the most marked plant genus, *Uncarina*, produces an odorous sap with unique chemical properties (Yamazaki *et al.*, 2007). Plant-related scent has been associated with fur rubbing behavior in spider monkeys (Campbell, 2000), and sap chemistry can synergistically impact persistence of animal scent on plant surfaces (Soini *et al.*, 1994). Future research on *Uncarina*'s chemistry may reveal a role in lemur chemosignaling.

In conclusion, some substrates, or "bulletin boards," may be better than others for sending and/or receiving chemical signals of ring-tailed lemurs (Kappeler, 1998). We revealed

marking preferences associated with both particular taxa and morphological traits of plants during the dry season, when troops inhabit spiny forest. Preferences are germane to providing captive lemurs with enrichment that promotes natural marking behavior. *Uncarina*, for example, the genus most notably marked, is commonly available in nurseries that specialize in succulents (Harvey, 2014). Other plants, including those with relatively small stems and a forked shape may provide lemurs with equally suitable scent-marking opportunities. Chemical analyses of scent marks on stems would further illuminate how plant substrate choices, and possibly synergistic chemical interactions with plant sap or surfaces, may influence olfactory communication in ring-tailed lemurs.

Acknowledgements

We thank the deHaulme family for allowing us to conduct research at Berenty Reserve. JT owes a great debt of gratitude to Alison Jolly for her guidance and support. Funding to JT provided by a Lande Research Award from Swarthmore College's Biology Department.

References

- Campbell, C.J. 2000. Fur rubbing behavior in free-ranging black-handed spider monkeys (*Ateles geoffroyi*) in Panama. *American Journal of Primatology* 51: 205-208.
- Goodman, S.M.; Rakotoarisoa, S.V.; Wilmé, L. 2006. The distribution and biogeography of the ring-tailed lemur (*Lemur catta*) in Madagascar. Pp. 3-15. In Jolly, et al. (eds.). *Ring-tailed Lemur Biology*. Springer, NY.
- Harvey, T. 2014. Succulent cultivars and hybrids—An Introduction. *Cactus and Succulent Journal* 86: 180-193.
- Jolly, A. 1966. *Lemur behavior: a Madagascar field study*. University of Chicago Press, Chicago.
- Kappeler, P.M. 1998. To whom it may concern: the transmission and function of chemical signals in *Lemur catta*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 42: 411-421.
- Lewis, R.J. 2006. Scent marking in sifaka: no one function explains it all. *American Journal of Primatology* 68: 622-636.
- Mertl-Millhollen, A. 1988. Olfactory demarcation of territorial but not home range boundaries by *Lemur catta*. *Folia Primatologica* 50: 175-187.
- Mertl-Millhollen, A. 2006. Scent marking as resource defense by female *Lemur catta*. *American Journal of Primatology* 68: 605-621.
- Millhollen, A. 1986. Territorial scent marking by two sympatric lemur species. Pp. 647-652. In Duvall, D et al., (eds.). *Chemical Signals in Vertebrates 4*. Springer, NY.
- Schilling, A. 1974. A study of marking behavior in *Lemur catta*. Pp. 347-362. In Martin, R.D.; Doyle, G.A.; Walker, A. (eds.). *Prosimian Biology*. Gerald Duckworth and Co. Ltd., London.
- Simmen, B., Sauther, M.L., Soma, T., Rasamimanana, H., Sussman, R.W., Jolly, A., Tarnaud, L., Hladik, A. 2006. Plant species fed on by *Lemur catta* in gallery forests of the southern domain of Madagascar. Pp. 55-68. In Jolly, et al., (eds.). *Ring-tailed Lemur Biology*. Springer, NY.
- Soini, H.; Stefansson, M.; Riekkola, M.-L.; Novotny, M.V. 1994. Maltooligosaccharides as chiral selectors for the separation of pharmaceuticals by capillary electrophoresis. *Analytical Chemistry* 66: 3411-3484.
- Webster, G.L. 1986. Irritant plants in the spurge family (Euphorbiaceae). *Clinics in Dermatology* 4: 36-45.
- Yamazaki, K.; Iwashina, T.; Kitajima, J. 2007. External and internal flavonoids from Madagascarian *Uncarina* species (Pedaliaceae). *Biochemical Systematics and Ecology* 35: 743-749.

Effets de la luminosité et de l'éclairement solaire sur les activités diurnes d'*Eulemur fulvus* dans le Parc National d'Ankarafantsika

Faramalala Francette Vololonirina^{1*}, Jean Freddy Ranaivoarisoa^{1*}, Jeannot Randrianasy¹, Kim Valenta^{2*}

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

²Department of Anthropology, McGill University, 855 Sherbrooke St. W. Montreal, Quebec, Canada

*Corresponding authors: vololonirinacynthi@gmail.com, rjeanfreddy@yahoo.fr, valentakim@gmail.com

Mots-clés: *Eulemur fulvus*, phases lunaires, éclairage solaire, activités diurnes, Ampijoroa, Madagascar

Abstract

We conducted a behavioral study of *Eulemur fulvus* in Ampijoroa station, Ankarafantsika National Park (ANP), to investigate the impact of environmental factors on the diurnal activity of this species from May to June 2012. We used instantaneous focal sampling with an interval of two minutes during the day to collect data on social behavior during different phases of moon illumination, and recorded ambient light levels every 10 min. We found that *Eulemur fulvus* is less active during the day of the full moon period, and its daytime activities increase during new moon phases ($\chi^2 = 38.806$; $p = 0.001$; $ddl = 3$). With regard to the effect of light levels on diurnal activities, travelling and other activities showed a negative correlation with higher light (travel: $r = -0.599$; $p = 0.014$; $N = 16$; other: $r = -0.560$; $p = 0.024$; $N = 16$). Resting was positively correlated with increased light levels ($r = 0.058$; $p = 0.020$; $N = 16$), while feeding and social behaviour were not affected by ambient sunlight (feeding: $p = 0.089$; $N = 16$; social behaviour: $p = 0.234$; $N = 16$). Brown lemurs travel more and are more active under light levels lower than 200 lx, and rest more when light levels are higher than 300 lx.

Introduction

Le Parc National d'Ankarafantsika constitue l'un des plus grands blocs de forêt dense sèche semi caducifoliée de la région Ouest de Madagascar. On y trouve plusieurs types de milieux naturels tels que les forêts denses sèches sur sable; les forêts ripicoles; les forêts raphièrès; les fourrés xérophiles; les savanes herbeuses (Plan d'aménagement et de gestion-PNA, 2010). Il présente également une caractéristique bioclimatique subhumide chaude qui rendent certaines espèces végétales à développer des caractères biologiques d'adaptation au milieu tels que la brillance des feuilles, la réduction de la surface foliaire, la perte de feuilles pendant la période sèche (Plan d'aménagement et de gestion-PNA, 2010).

En termes de diversité faunistique, le Parc abrite huit espèces de lémurien dont *Eulemur fulvus* qui, depuis 2012, est classée par l'U.I.C.N parmi la catégorie des espèces quasi-menacées (Mittermeier et al., 2014). Il a été noté que chez les lémuridés, une non-adhérence à un cycle d'activité strictement diurne ou nocturne est prévalente (Eppley et al., 2015). Apparemment, deux genres de cette famille (*Eulemur* et *Lemur*) sont cathéméraux. Des hypothèses assument que la cathéméralité représente une adaptation chez les primates; mais d'autres proposent qu'il s'agit du résultat de l'évolution des déséquilibres causée par les impacts hu-

mains sur leur habitat naturel (Donati et al., 2013). Alors, vu les caractères floristiques du parc selon leur plan d'aménagement et ces différentes hypothèses, l'objectif principal de ce présent travail est de déterminer les facteurs influençant les activités d'*Eulemur fulvus*. Pour ce faire, nous allons étudier les impacts de la luminosité et de l'éclairement solaire sur ses activités diurnes.

Méthodologie

Site d'étude

Cette étude a été réalisée dans le Parc National d'Ankarafantsika (Fig. 1) (16°00' à 16°20' S et 46°40' à 47°00' E), au niveau de la station forestière d'Ampijoroa. Le Parc est localisé au Nord-Ouest de l'île, dans la province de Mahajanga, région du Boeny, district de Marovoay et Ambato-Boeny. Il se situe à 455km d'Antananarivo et 114km de la ville de Mahajanga, en suivant la route nationale RN4

Période d'étude et choix du groupe

L'étude sur terrain a été réalisée entre le 16 avril et 29 juin 2012. Pendant cette période, les trois premières semaines étaient consacrées à l'identification des groupes à étudier. Deux groupes de lémur brun ont été choisis et font l'objet d'étude pendant les séjours. Le premier, groupe A, et le deuxième, groupe B, sont composés respectivement de huit individus (trois femelles et cinq mâles) et cinq individus (deux femelles et trois mâles). Chaque individu a été identifié à partir de ses caractères spécifiques comme la forme et la longueur de la face, la couleur du pelage, la forme de la queue, la taille ainsi que les anomalies sur les membres de l'animal. Après les avoir identifiés, nous avons donné un nom à chacun d'eux pour mieux faciliter la collecte de données (Tab. I).

La collecte de données a commencé à partir du 03 mai jusqu'au 29 juin, et a duré quatre jours par semaines. Comme l'espèce étudiée n'est pas vraiment une espèce habituée, l'absence de collier ou de «radio tracking» n'a pas facilité la recherche du groupe. Pendant les moments où nous avons pu trouver les groupes, le suivi s'est déroulé aux environs de 06h du matin jusqu'à la fin de l'après-midi vers 17h30; ce qui nous donne au total une durée de 31 jours de suivi. A partir du 29 mai, un mâle juvénile (*Uncle Tupelo*)

et un mâle adulte (*Johnny Cash*) du groupe A ont disparu. Puis un nouvel mâle (*Bosephus*) y est entré. Alors, la prise de données s'est continuée avec les trois femelles et trois individus mâles pour ce groupe.

Tab. I: Liste des individus identifiés dans chaque groupe.

Groupe	Nom du focal	Code	Sexe	Age
A	Hanna montana	HM	F	Juvénile
	Kenny rogers	KR	M	Adulte
	Patty grifing	PG	F	Adulte
	Ryan adams	RA	M	Adulte
	Reba m	RM	F	Adulte
	Bosephus	BP	M	Adulte
	Wilco	WILCO	M	Juvénile
	Uncle Tupelo	JC	M	Juvénile
	Johnny cash	JC	M	Adulte
B	Missy eliot	ME	F	Adulte
	Ghost face	GHOST	M	Adulte
	Nas	NAS	M	Adulte
	Westlife	WEST	M	Juvénile
	Beyonceknolless	BK	F	Adulte

«Instantaneous focal sampling» (Martin et al., 1993) a été utilisée pour suivre les activités diurnes d'*Eulemur fulvus*. Les différents modèles de comportements d'un animal focal ont été enregistrés toutes les deux minutes. La durée d'une session du focal étant de 10 min. Après cette session, un autre individu du groupe a été pris comme focal et a été suivi et enregistré de la même façon que le précédent. Cette méthode a été appliquée sur tous les individus des deux groupes.

Pour chaque focal, l'espèce est considérée comme active si elle se déplace ou se nourrit, ou bien lorsqu'elle fait tout autre mouvement de son corps sur un support. L'animal est considéré au repos lorsqu'il reste immobile, les yeux fermés ou non, pendant une période assez longue

Afin de connaître le type de la phase lunaire, la proportion d'illumination de la lune a été déterminée à partir du GPS pendant les jours du mois où les groupes ont été suivis. Pour cela, la méthode de Donati et ses collaborateurs en 2006 a été appliquée. En effet, les données comportementales ont été regroupées dans les quatre phases suivantes: Pleine lune, lorsque la proportion d'illumination de la lune est $\geq 75\%$

Nouvelle lune, lorsque la proportion d'illumination est $\leq 25\%$

Les deux phases intermédiaires sont la phase de décroissance et la phase de croissance quand la lune s'illumine de 74 à 26% ou de 26 à 74%.

Pour la détermination de l'éclairement ambiant, à l'aide d'un luxmètre CEM DT 1308, nous avons mesuré la valeur de l'intensité solaire au-dessous du support où se trouvait le focal. La prise de note s'est effectuée toutes les 10 mn.

Le test de Friedman ANOVA du logiciel IBM SPSS 17.0 a été utilisé pour vérifier si les activités diurnes des lémurs bruns dépendent des quatre phases lunaires; et le test de Spearman a été utilisé pour vérifier s'il y a une corrélation entre les différentes activités horaires et l'éclairement solaire.

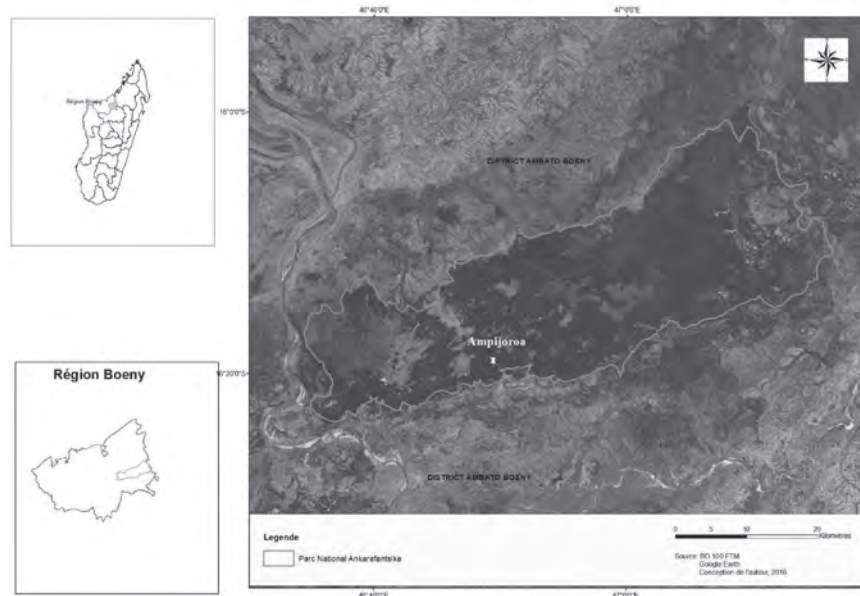


Fig. 1: Situation géographique du Parc National d'Ankarafantsika.

Résultats

Comportement et phase lunaire

La figure 2 montre les variations des activités diurnes de l'*Eulemur fulvus* pendant les quatre phases lunaires (Fig. 2). Lors de notre étude sur terrain.

Pendant la phase de la pleine lune, ces lémuriens montrent un faible pourcentage des activités journalières. Pendant les moments où l'éclairement lunaire est faible, ils sont beaucoup plus actifs durant la journée. La fréquence maximale des activités est rencontrée pendant la nouvelle lune. En outre, pour chaque phase lunaire, *Eulemur fulvus* montre deux pics d'activités importants entre 06h et 09h du matin; ensuite entre 15h et 18h de l'après-midi.

Statistiquement, il y a une différence hautement significative entre la médiane des activités diurnes des lémurs bruns durant les différentes phases lunaires (Friedman: $\chi^2 = 38.806$; $p < 0.001$; ddl = 3).

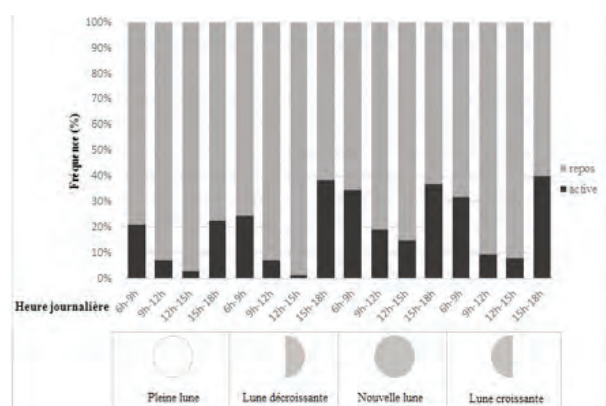


Fig. 2: Variation des activités diurnes pendant les différentes phases lunaires.

Activités et éclairage solaire ambiant

Concernant la relation entre les activités diurnes et l'éclairement solaire ambiant, les observations enregistrées durant les suivis sont: l'alimentation (fd), les déplacements (tr), le repos (re), les activités sociales (so) et les autres activités (oth).

La figure 3 montre que l'intensité de l'éclairement solaire ne cesse de varier (Fig. 3). Pour chaque phase, elle croît considérablement dès le début des heures matinales pour atteindre son apogée entre 12h et 15h, puis redescend vers la fin de l'après-midi. Concernant le comportement de l'*Eulemur fulvus*, le repos domine sur toutes les autres activités. Il est maximal entre 12h et 15h. Vice versa, l'alimentation, le déplacement, les activités sociales et les autres activités régressent du début de la journée jusqu'à 15h et augmentent ensuite entre 15h et 18h.

Sur le plan statistique, le déplacement et les autres activités montrent une corrélation négative avec la variation de l'éclairement solaire ambiant (Spearman: $r_{tr} = -0.599$; $p_{tr} = 0.014$; $N = 16$ et $r_{oth} = -0.560$; $p_{oth} = 0.024$; $N = 16$). Le repos, par contre, présente une corrélation positive (Spearman: $r = 0.0575$; $p = 0.020$; $N = 16$). Quant à l'alimentation et les activités sociales, il n'y a pas de corrélation significative avec l'éclairement solaire ambiant (Spearman: $p_{fd} = 0.089$; $N = 16$ et $p_{so} = 0.234$; $N = 16$).

Discussion

Comportement et phase lunaire

La fréquence des activités diurnes tend à diminuer quand la lune s'illumine. Pendant la nouvelle lune, les lémurs bruns

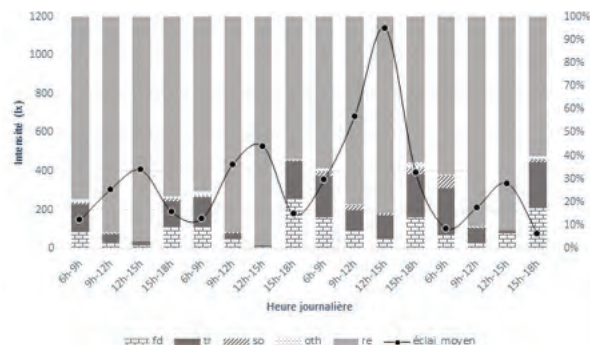


Fig. 3: Variation horaire des activités d'*Eulemur fulvus* en fonction de l'intensité de l'éclairement solaire durant les différentes phases lunaires (re: resting, oth: other, so: social, tr: traveling, fd: feeding, éclair-moyen: éclairage ambiant moyen).

sont beaucoup plus actifs durant la journée que pendant la phase de pleine lune. Ils sont relativement actifs pendant les phases intermédiaires. Ce qui signifie que la fraction lunaire a une influence sur les activités diurnes de l'espèce. Il paraît que cette variation comportementale est le résultat des activités nocturnes de l'animal. En effet, certaines espèces de la famille des lémuridés effectuent une activité cathémérale; c'est-à-dire qu'elles peuvent être actives à la fois pendant la nuit que le jour (Curtis, 2006). Alors, pendant la période où l'illumination est claire, l'éclairement nocturne de la lune serait un atout favorable pour ces lémuriens afin de réduire la compétition alimentaire interspécifique; mais aussi pour éviter les prédateurs diurnes. D'ailleurs, des chercheurs ont même constaté que lorsque l'illumination de la lune est supérieure à 89 %, les petits singes comme les «monkeys» passent environ 7h à être actifs pendant la nuit (Fernandez-Duque, 2003). D'après, Olivieri (2002) et Donati et Borgognini-Tarli (2006), les activités diurnes des lémurs bruns diminuent souvent après la nuit de la pleine lune. Alors que celles-ci augmentent après la nuit de la nouvelle lune. Un résultat similaire a été également observé chez l'*Haplemur meridionalis* pendant les quatre phases lunaires. Pourtant, ceci est rarement observé chez les autres primates (Eppley et al., 2015). Ce qui supporte l'influence des cycles lunaires sur la cathéméralité des espèces de la famille des lémuridés.

D'une autre manière, cette variation peut être liée à la thermorégulation. En effet, *Eulemur fulvus* a un faible métabolisme basal, une température corporelle élevée et une zone thermoneutrale de 22° à 30°C (Daniels, 1984; Erkert et Cramer, 2006). Pourtant, la période de notre étude s'est passée pendant la saison sèche; moment pendant laquelle la température maximale varie entre 30.8°C et 33.6°C (Tab. 2). Par conséquent, une température environnementale supérieure à cette zone thermoneutrale impliquerait le métabolisme basal à régulariser la température du corps. Alors, pour régler ce mécanisme de thermorégulation afin de minimiser l'énergie dépensée, les lémurs bruns préfèrent être actifs durant la nuit. C'est à ce moment-là que la température environnementale est assez basse.

Outre cela, l'espèce montre deux pics d'activité très importants. Le premier se situe autour des trois premières heures matinales, et le second vers la fin de l'après-midi. Comparé aux autres lémuriens de la famille des lémuridés, il a été constaté que l'*Eulemur mongoz* d'Ankarafantsika est très active entre 17h 40 et 23h puis entre 01h 40 jusqu'à 06h du matin (Ahamada, 2011). Ces différentes constatations nous amènent donc à interpréter que les périodes crépusculaires

de la journée semblent être un facteur important pour la détermination des activités chez *Eulemur*. C'est l'heure des activités qui est différente d'une espèce à une autre.

Tab. 2: Moyennes des températures et des précipitations mensuelles de la station d'Ampijoroa en 2012. (source: *Durrell Wildlife Conservation Trust*, 2014)

Mois	T min (°C)	T max (°C)	T moyenne (°C)	P moyennes (mm)
Janvier	23.3	31.4	27.3	632.3
Février	23.0	32.9	28.0	558.0
Mars	22.6	33.0	27.8	442.4
Avril	22.5	33.2	27.9	237.3
Mai	19.0	32.4	25.7	0.0
Juin	16.7	31.9	24.3	0.0
Juillet	15.3	32.4	23.9	0.0
Aout	16.8	34.4	25.6	0.0
Septembre	17.4	36.2	26.8	0.0
Octobre	20.6	37.8	29.2	8.2
Novembre	24.4	37.0	30.7	111.4
Décembre	24.5	37.2	30.9	251.4

Activités et éclairage solaire ambiant

Les activités des lémurs bruns varient généralement en fonction de l'heure et de l'intensité. Le repos occupe la majorité des activités de l'espèce. Ensuite le déplacement et l'alimentation viennent en seconde place. Enfin les activités sociales et les autres activités qui ne représentent que 10% au maximum. Cette prédominance du repos peut être liée au mécanisme de conservation énergétique. Comme chez les autres primates, après un long parcours, il est nécessaire de faire un petit repos à cause de la fatigue. Des recherches antérieures ont même montré que le repos est une activité nécessaire pour conserver de l'énergie (Milton, 1980). Selon Rakotondrabe (2012), les bonds effectués pendant le déplacement des lémuriens dépensent beaucoup d'énergie; et c'est pendant le repos que cette perte peut être renouvelée.

D'autre part, le déplacement et les autres activités diminuent lorsque l'intensité solaire augmente. Quand l'intensité est inférieure à 200 lx (Tab. 3), la fréquence du déplacement et des autres activités est très élevée sauf pendant la nouvelle lune où l'espèce est beaucoup plus active durant la journée. Quand la valeur de celle-ci est supérieure à 300 lx, ces deux types d'activités regressent. C'est surtout lorsque la valeur de cette dernière est maximale que ces activités sont minimales. Cette diminution pourrait être en effet le résultat de la température environnementale. Par ailleurs, la température maximale est souvent atteinte au environ de midi, tout comme l'éclairage maximal. En revanche, la lumière du soleil peut augmenter la température de l'environnement de 10 à 20°C au-dessus de la température ambiante (Hill *et al.*, 2004; Stelzner, 1988). De ce fait, *Eulemur fulvus* tend à se reposer dans des endroits ombrés pendant les moments où la température devient plus chaude. Ceci en raison des contraintes thermiques causées par les rayonnements solaires (Dawson *et al.*, 2006; Hill, 2006; Hill *et al.*, 2004; Stelzner, 1988).

Comparé aux résultats de Sato entre 2006 et 2007 (Sato, 2012), nos résultats montrent également que le rythme d'activité des lémurs bruns d'Ankarafantsika n'a pas beaucoup changé. Le pourcentage du repos est très élevé entre 09h et 15h de même pendant les périodes sèches des années antérieures. Ces différentes constatations nous amènent à interpréter que chez *Eulemur fulvus*, l'heure du

repos se situe au milieu de la journée au environ de midi. D'autres chercheurs ont aussi trouvé que chez *Eulemur collaris*, les activités sont très faibles entre 12h et 13h (Donati *et al.*, 2001).

Pour l'alimentation et les activités sociales, l'absence de corrélation indique que ces variables ne dépendent pas significativement de l'éclairage solaire. Chez *Eulemur rubriventer* de Ranomafana par exemple, les subadultes se nourrissent aux environs de 600 lx et 700 lx; et le temps alloué à l'alimentation est de 25% chez les adultes quand la valeur de l'intensité est de 900 lx (Randriarimanga, 2015). De ce fait, nous pouvons en déduire que la fréquence de l'alimentation peut être liée à la disponibilité alimentaire.

Tab. 3: Moyenne de l'éclairage solaire ambiant pendant les jours de suivi des deux mois d'étude.

Mois	Fraction lunaire	Heure	Eclairage moyen
mai_juin	Pleine lune	06h-09h	147,5
mai_juin	Pleine lune	09h-12h	305,5
mai_juin	Pleine lune	12h-15h	405,0
mai_juin	Pleine lune	15h-18h	189,0
mai_juin	Décroissante	06h-09h	154,5
mai_juin	Décroissante	09h-12h	435,0
mai_juin	Décroissante	12h-15h	527,5
mai_juin	Décroissante	15h-18h	177,0
mai_juin	Nouvelle lune	06h-09h	354,0
mai_juin	Nouvelle lune	09h-12h	684,0
mai_juin	Nouvelle lune	12h-15h	1139,5
mai_juin	Nouvelle lune	15h-18h	391,0
mai_juin	Croissante	06h-09h	104,0
mai_juin	Croissante	09h-12h	212,0
mai_juin	Croissante	12h-15h	337,5
mai_juin	Croissante	15h-18h	74,0

Remerciement

Nous remercions le Ministère MEEMF et Madagascar National Parks pour nous avoir octroyé l'autorisation de recherche. Ce travail de recherche n'a pas pu être réalisé sans l'appui du Département de Paléontologie et d'Anthropologie Biologique (DPAB) de la Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo. Nous tenons également à remercier *Durrell Wildlife Conservation Trust* pour nous avoir transmis les données météorologiques du site d'étude afin que nous puissions les exploiter. Finalement; un grand merci à nos guides qui nous ont aidé à la collecte des données.

Références

- Ahamada, M.L. 2011. Etudes comparative des comportements alimentaires d'*Eulemur mongoz* (Linnaeus, 1766) de Madagascar et des Comores. Mémoire de D.E.A en Sciences de la terre et de l'évolution. Département de Paléontologie et d'Anthropologie Biologique. Faculté des Sciences. Université d'Antananarivo, Madagascar.
- Curtis, D.J. 2006. Cathemerality in lemurs. In: Gould, L.; Michelle, L.S (eds). *Lemurs: Ecology and Adaptation*. Springer Science+Business Media LLC, New York, 2007
- Daniels, H.L. 1984. Oxygen consumption in *Lemur fulvus*: Deviation from the ideal model. *Journal of Mammalogy* 65: 584-592.
- Dawson, T.J.; McTavish, K.J.; Munn, A.J.; Holloway, J. 2006. Water use and the thermoregulatory behaviour of kangaroos in arid regions: insights into the colonisation of arid rangelands in Australia by the eastern grey kangaroo (*Macropus giganteus*). *Journal of Comparative Physiology B* 176: 45-53.
- Donati, G.; Santini, L.; Razafindramanana, J.; Boitani, L.; Borgognini-Tarli, S. 2013. (Un-)Expected nocturnal activity in "diurnal" *Lemur catta* supports cathemerality as one of the key adaptations of the lemurid radiation. *American Journal of Physical Anthropology* 150: 99-106

- Donati, G.; Borgognini-Tarli, S.M. 2006. Influence of abiotic factors on cathemeral activity: The case of *Eulemur fulvus collaris* in the littoral forest of Madagascar. *Folia Primatologica* 77: 104–122.
- Donati, G.; Lunardini, A.; Kappeler, P.M.; Borgognini-Tarli, S.M. 2001. Nocturnal activity in the Cathemeral Red-Fronted Lemur (*Eulemur fulvus rufus*), with observations during a lunar eclipse. *American Journal of Primatology* 53: 69–78.
- Eppley, T.M.; Ganzhorn, J.U.; Donati, G. 2015. Cathemerality in a small, folivorous primate: proximate control of diel activity in *Hapalemur meridionalis*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 69: 991–1002.
- Erkert, H.G.; Cramer, B. 2006. Chronobiological background to cathemerality: Circadian rhythms in *Eulemur fulvus albifrons* (Prosimiae) and *Aotus azarai boliviensis* (Anthropoidea). *Folia Primatologica* 77: 87–103.
- Fernandez-Duque, E. 2003. Influence of moonlight, ambient temperature, and food availability on the diurnal and nocturnal activity of owl monkeys (*Aotus azarai*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 54: 431–440.
- Hill, R.A. 2006. Thermal constraints on activity scheduling and habitat choice in baboons. *American Journal of Physical Anthropology* 129: 242–249.
- Hill, R.A.; Weingrill, T.; Barrett, L. 2004. Indices of environmental temperatures for primates in open habitats. *Primates* 45: 7–13.
- Martin, P.; Bateson, P. 1993. Measuring behaviour. An introductory guide, second edition. Cambridge University Press, United Kingdom.
- Milton, K. 1980. The foraging strategy of howler Monkeys: a study primate economics. New York. Colombia University.
- Mittermeier, R.A.; Louis Jr., E.E.; Langrand, O.; Schwitzer, C.; Gauthier, C.A.; Rylands, A.B.; Rajaobelina, S.; Ratsimbazafy, J.; Rasoloarison, R.; Hawkins, F.; Roos, C.; Richardson, M.; Kappeler, P.M. 2014. Lémuriens de Madagascar. Muséum National d'Histoire Naturelle.
- Olivieri, G. 2002. Factors influencing the cathemeral activity pattern of *Hapalemur griseus alaotrensis*. In: Gould, L.; Michelle, L.S. (eds). *Lemurs: Ecology and Adaptation*. Springer Science + Business Media LLC, New York, 2007.
- Plan d'aménagement et de gestion. 2010. Madagascar National Parks. Ankarafantsika National Park
- Rakotondrabe, A.R. 2012. Etude du comportement alimentaire et utilisation de l'habitat par *Propithecus coronatus*: cas de la forêt galerie d'Amboloando (CR Dabolava-District Miandrivazo). Mémoire de D.E.A en Paléontologie et Biologie évolutive. Faculté des Sciences. Université d'Antananarivo, Madagascar.
- Randriarimanga, T. 2015. Effet de quelques paramètres écologiques sur les comportements d'*Eulemur rubriventer* (Geoffroy, 1860) dans le Parc National de Ranomafana. Mémoire de D.E.A en Sciences de la terre et de l'évolution. Département de Paléontologie et d'Anthropologie Biologique. Faculté des Sciences. Université d'Antananarivo, Madagascar.
- Sato, H. 2012. Diurnal resting in brown lemurs in a dry deciduous forest, northwestern Madagascar: implications for seasonal thermoregulation. *Primates* 53: 255–263.
- Stelzner, J.K. 1988. Thermal effects on movement patterns of yellow baboons. *Primates* 29: 91–105.

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 building 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.mbzspeciesconservation.org>.

Theses completed

Göthel, S.R. 2014. Population Viability Analysis: The Red Ruffed Lemur (*Varecia rubra*) in Madagascar. Bachelor thesis in biology, Christian-Albrechts-University of Kiel, Germany.

Menaced by harvesting, logging, and cyclones *Varecia rubra* has been classified as Critically Endangered by the IUCN in early 2014. Later that year, a bachelor thesis provided projections for further population developments of *V. rubra* based on a population viability analysis (PVA). The focus of this investigation was on effects of four variable factors in diversified combinations: the current population size of the species, harvesting rates, the extent of habitat deforestation implying a decreasing capacity limit, and the frequency of cyclones in the region of the Masoala National Park. This approach produced a total of 271 different scenarios, which indicate tendencies for potential population trends when considered in conjunction.

It became apparent that neither the size of the initial population nor harvesting (which in this isolated context merely affects maximum population size negatively) have decisive influence on the continued existence of *V. rubra* when considered alone. However, under adverse conditions and in combination with other factors, as for instance an increased cyclone frequency in the Masoala National Park, harvesting could very well lead to the extinction of *V. rubra*. This scenario could probably be prevented by prohibiting harvesting more effectively.

At any rate, the single greatest threat for *V. rubra* could be clearly identified as the decreasing capacity limit of the natural habitat caused by rainforest logging. If deforestation of the primary rainforests in Madagascar will not be stopped in the next 20 years then the extinction of *V. rubra* cannot be prevented, even assuming the most favorable conditions based on the given PVA results. On the other hand, should the worst case occur for each investigated factor then extinction within a shorter time span would be rather more likely.

More precise projections require further investigations. However, our results clearly suggest that extensive and sustainable protective measures need to be taken immediately.

Key words: *Varecia rubra*, population viability analysis, cyclone, harvesting, deforestation

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 Andrafiomena 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



LEMUR NEWS VOL. 20, 2017

ISSN 1608-1439

TABLE OF CONTENTS

Editorial.....	1	Une éducation environnementale en faveur de la conservation des grands hapalémurs (<i>Prolemur simus</i> , CR) et de la biodiversité, dans les écoles de Vohitrarivo et de Sahofika, District d'Ifanadiana, sud-est de Madagascar Toky Hery Rakotoarinivo, Josia Razafindramanana, Rojo Ravelojaona, Delphine Roullet, Jonah Ratsimbazafy, Hantanirina Rasamimanana.....	24
News and Announcements.....	2		
Short Communications			
Hypomelanism among collared brown lemurs (<i>Eulemur collaris</i>) in littoral forest fragments Timothy M. Eppley, Giuseppe Donati.....	4	Étude du comportement alimentaire et utilisation de l'habitat par <i>Propithecus coronatus</i> dans la forêt galerie d'Amboloando (Commune rurale de Dabolava) Andriamihaja Rado Rakotondrabe, Josia Razafindramanana, Jonah Ratsimbazafy, Tony King.....	30
A case of mobbing observed in two species of nocturnal lemur, <i>Mirza zaza</i> and <i>Lepilemur sahamalazensis</i> in north-west Madagascar Isabella Mandl, Naina Ratsimba Rabemananjara, Andry Ny Aina Rakotomalala, Mahaut Sorlin, Marc Holderied, Christoph Schwitzer.....	6	Lemurs and bamboos of Kalambatritra, south-east Madagascar Laingoniaina H.F. Rakotonirina, Jean Rafalimandimby, Tianasoa Ratolojanahary, Maholy Ravaloharimanitra, Rainer Dolch, Tony King.....	34
Mise à jour des données écologiques sur la population de <i>Prolemur simus</i> à Mahalina, District de Vatoman-dry Maholy Ravaloharimanitra, Andrianaiaina Rija Rafidiarison, M. Tovoninahary Rasolofoharivelo, Tony King.....	7	Legal ownership of lemurs in Madagascar Kim E. Reuter, Melissa S. Schaefer.....	37
Observations of <i>Avahi meridionalis</i> in Eucalyptus plantations Kathryn Scobie, Christoph Schwitzer, Marc Holderied.....	9	Scent marking preferences of ring-tailed lemurs (<i>Lemur catta</i>) in spiny forest at Berenty Reserve Jen Tinsman, Julie C. Hagelin, Alison Jolly.....	40
Articles			
Motion-triggered cameras document emergence from hibernation in <i>Cheirogaleus</i> Marina B. Blanco.....	10	Effets de la luminosité et de l'éclairage solaire sur les activités diurnes d' <i>Eulemur fulvus</i> dans le Parc National d'Ankarafantsika Faramalala Francette Vololonirina, Jean Freddy Ranaivoarisoa, Jeannot Randrianasy, Kim Valenta.....	43
Troop sizes, population densities, and sex ratios of <i>Eulemur coronatus</i> and <i>Eulemur sanfordi</i> in the Ankarana National Park A. Andrea Gudiel, Shane C. Nieves, Kim E. Reuter, Brent J. Sewall.....	12	Funding and Training.....	47
Relationship between vegetation characteristics and the presence of lemurs: <i>Varecia variegata</i> , <i>Eulemur rubriventer</i> and <i>Eulemur rufifrons</i> in Kianjavato forest fragments Daniel V. Rafidimanana, Sheila M. Holmes, Steig E. Johnson, Edward E. Louis Jr., Bakolimalala Rakouth.....	15	Theses Completed.....	48
Etude préliminaire du rythme d'activité et de l'écologie de deux groupes de <i>Prolemur simus</i> dans la forêt dégradée de Vohitrarivo, District d'Ifanadiana Toky Hery Rakotoarinivo, Rojo Ravelojaona, Josia Razafindramanana, Jonah Ratsimbazafy.....	19		