



AMERICAN MUSEUM OF NATURAL HISTORY
CENTER FOR BIODIVERSITY AND CONSERVATION
NETWORK OF CONSERVATION EDUCATORS & PRACTITIONERS

LESSONS IN CONSERVATION

**MADAGASCAR
ISSUE**

ISSUE NO. 6
JANUARY 2016

**3 SYNTHÈSES EN
FRANÇAIS**

**1 SYNTHESIS IN
ENGLISH**

ISSN: 1938-7024



Lessons in Conservation is the official journal of the Network of Conservation Educators and Practitioners (NCEP) and is published as issues become available. Teaching and learning modules presented here in Lessons in Conservation are available in modifiable form for teachers on the NCEP website (ncep.amnh.org). All materials are distributed free of charge. Any opinions, findings and conclusions, or recommendations expressed in this material are those of the authors and do not necessarily reflect the views of the American Museum of Natural History or the funders of this project. All components (Syntheses, Exercises, and Case Studies) have been peer-reviewed and approved for publication by NCEP.

Editors:

Domoina Rakotobe
REPC–MD Vice–President

Georgina Cullman
CBC Postdoctoral Fellow

Production team:

Ana Luz Porzecanski
CBC Director

Eleanor Sterling
CBC Chief Conservation Scientist

Kimberley Landrigan
CBC Assistant Director for Capacity Development

Suzanne Macey
NCEP Science Editorial and Postdoctoral Fellow

Kristin Douglas
NCEP Production Coordinator

Nadav Gazit
NCEP and CBC Research and Production Assistant

Special thanks to Monique Lores

Lessons in Conservation is available online at: ncep.amnh.org/linc

All reproduction or distribution must provide full citation of the original work and provide a copyright notice as follows:

“Copyright 2016, by the authors of the material and the Center for Biodiversity and Conservation of the American Museum of Natural History. All rights reserved.”

Cover photo: Giant leaf–tail gecko (*Uroplatus fimbriatus*)
By: Kevin Frey

Illustrations obtained from the American Museum of Natural History’s library:
images.library.amnh.org/digital/

LETTER FROM THE EDITORS



Dear Reader,

Welcome to Lessons in Conservation, the official journal of the Network of Conservation Educators and Practitioners (NCEP). NCEP is a collaborative project of the American Museum of Natural History's Center for Biodiversity and Conservation (CBC) and a number of institutions and individuals around the world. This journal is designed to introduce NCEP teaching and learning resources (or "modules") to a broad audience. NCEP modules are designed for undergraduate and professional level education. These modules—and many more on a variety of conservation topics—are available for free download at our website, ncep.amnh.org.

For this issue, we present a selected group of resources that showcase conservation challenges and solutions in Madagascar, a widely recognized global hotspot for biodiversity. In 2003, the CBC and its partners initiated NCEP activities in Madagascar to strengthen long-term capacity for biodiversity conservation through the expansion and enhancement of training opportunities for universities and conservation professionals. Known as the Réseau des Educateurs et Professionnels de la Conservation à Madagascar (REPC-MD), we looked systemically at conservation capacity needs, convened key players to invest strategic long-term thought, and worked to implement solutions at the individual, organizational, and national levels. From the first workshop of 36 interested people, REPC-MD now connects over 1,300 members representing 215 conservation institutions.

We are especially pleased to present here some of our materials in French, and hope that this will facilitate their use in the region and in other francophone countries. The topics range from local management of natural resources to endangered species, and can be used in a variety of academic or training courses as well as for independent learning. We welcome feedback on our resources and we especially welcome those wishing to become further involved in the Network!

We are grateful to many people across the CBC and NCEP network for their contributions to the development of Lessons in Conservation. Please see the back cover for a full acknowledgement of the foundations and individuals that have supported this project.

Enjoy this issue of Lessons in Conservation and please visit our site to start using NCEP resources in your classroom!

Questions and feedback are welcome at ncep@amnh.org.



Georgina Cullman
Co-Editor

Domoina Rakotobe
Co-Editor

NOTE DES ÉDITEURS



Cher lecteur,

Bienvenue à Lessons in Conservation, le journal officiel du Réseau des Educateurs et Professionnels de la conservation (REPC ou NCEP en anglais). REPC est un projet collaboratif Centre pour la Biodiversité et Conservation (CBC) de l'American Museum of Natural History et un certain nombre d'institutions et d'individus à travers le monde.

Ce journal est conçu pour présenter des ressources d'enseignement et d'apprentissage (ou « modules REPC ») à un large public. Les modules REPC sont conçus pour l'enseignement du premier cycle et au niveau professionnel. Les modules ci-après et beaucoup d'autres sur une variété de sujets sur la conservation – sont disponibles en téléchargement gratuit sur notre site Web, ncep.amnh.org.

Pour ce numéro, nous présentons un choix de ressources qui mettent en valeur des problèmes et des solutions de la conservation à Madagascar, un hotspot mondial largement reconnu pour la biodiversité. En 2003, CBC et ses partenaires ont lancé les activités de REPC à Madagascar pour renforcer à long terme les capacités pour la conservation de la biodiversité par l'expansion et l'amélioration des possibilités de formation pour les universités et les professionnels de la conservation.

A Madagascar, REPC a examiné de façon systémique les besoins en capacité dans la conservation, mobilisé les acteurs clés à investir dans des réflexions stratégiques à long terme et à mettre en œuvre des solutions aux niveaux individuel, organisationnel et national. Dès le premier atelier regroupant 36 personnes intéressées, REPC-MD relie désormais plus de 1300 membres représentant 215 institutions de conservation.

Nous sommes particulièrement heureux de présenter ici certains de nos modules en français, et nous espérons que cela facilitera leur utilisation dans la région et dans d'autres pays francophones. Les sujets vont de la gestion communautaire des ressources naturelles aux espèces menacées, et peuvent être utilisés dans différents cours universitaires ou de formation ainsi que pour un apprentissage indépendant. Nous apprécions les commentaires sur nos ressources et nous invitons ceux qui le souhaitent à être plus impliqués dans le réseau!

Nous sommes reconnaissants aux nombreuses personnes à travers le CBC et le REPC pour leurs contributions au développement de Lessons in Conservation. Veuillez voir la dernière page pour une pleine reconnaissance des institutions et des individus qui ont soutenu ce projet.



Profitez de cette édition de Lessons in Conservation et s'il vous plaît visitez notre site pour commencer à utiliser les ressources du REPC dans votre salle de classe!

Questions et rétroactions : ncep@amnh.org.

Georgina Cullman

Co-Éditeur

Domoina Rakotobe

Co-Éditeur

TABLE
OF
CONTENTS



An Introduction to the Ecological and Political Context of Biodiversity Conservation in Madagascar	6
Georgina Cullman and Domoina Rakotobe	
Une Introduction à la Situation Écologique et Politique de la Conservation de la Biodiversité à Madagascar	9
Georgina Cullman et Domoina Rakotobe	
La Gestion Communautaire des Ressources Naturelles	12
André Houssein, Lala Jean Rakotoniaina, Jamie Copsey, et Domoina Rakotobe	
Conservation de la Biodiversité et Réduction de la Pauvreté à Madagascar	30
Jean-Solo Ratsisompatrarivo et Vanessa Aliniaina Rasoamampianina Révisée par Georgina Cullman et Domoina Rakotobe	
Gestion des Espèces Menacées: Cas des Vertébrés	62
Jonah Ratsimbazafy, Christopher Clark, Joanna Durbin, Herilala Randriamahazo, Jamie Copsey, Daniel Rakotondravony, et Olga Rambilijaona	
The Bats of Madagascar: A Conservation Challenge	80
Scott Cardiff and Richard Jenkins	

Note: Pour accéder aux notes d'enseignement de ces modules, visitez notre site web: ncep.amnh.org et inscrivez-vous en tant qu'éducateur. Une fois enregistré, cherchez le module par titre pour trouver les ressources d'enseignement et d'apprentissage

Note: To access teaching notes for these modules, visit our website: ncep.amnh.org and register as an educator. Once registered, search for the module by title to find its associated teaching and learning resources.

An Introduction to the Ecological and Political Context of Biodiversity Conservation in Madagascar

Georgina Cullman¹ and Domoina Rakotobe²

¹Center for Biodiversity and Conservation, American Museum of Natural History, ²Réseau des Educateurs et Professionnels de la Conservation–Madagascar, Madagascar

Madagascar is iconic in international conservation circles because of its unique and threatened wildlife. Madagascar is larger than France and is sometimes referred to as the eighth continent because of its size and the thirteen diverse ecosystems it supports (de Wit 2003; CEPF 2014). Running like a spine down the island's eastern side are Madagascar's rainforests, which cover about 18.41% of the land area (CEPF 2014); a mosaic of grasslands and woodlands covers the central 41% of the island (CEPF 2014); the Southern tip is arid (300–600 mm of precipitation per year) and is home to the unique spiny forest (Grubb 2003). Other important ecosystems include the dry forests of the west of the country. Because of its geological history (it has been isolated from other land forms for at least 80 million years), a large proportion of Madagascar's biodiversity is endemic, found nowhere else on earth. Most of Madagascar's endemic taxa are also phylogenetically distinct, meaning they have no living close relatives elsewhere on the planet (Ganzhorn et al. 2013). The island harbors over 11,200 indigenous plants (90% endemic), 406 species of reptiles (96% endemic) and 295 amphibians (nearly 100% endemic) (CEPF 2014). Of course the most well-known of Madagascar's endemic species are the lemurs—a morphologically and ecologically diverse primate group composed of 5 families, 15 genera and 101 species at last count (IUCN/SSC Primate Specialist Group 2014; Mittermeier et al. 2013).

The people and cultures of Madagascar are also unique. Contemporary Malagasy have genetic heritage from both Asia and Africa. While there is evidence of human activity on the island from as early as 2288–2035 BCE (Dewar et al. 2013), the first evidence of occupation is from 300–500 CE. Today the Malagasy language, with its approximately 18 dialects, is largely Austronesian, with East African, French, English, and Arabic influences, among others (Dewar and Richard 2012). Since 1960, when Madagascar achieved independence from French Colonial rule, politics in the country have gone

through dramatic shifts, from maintenance of colonial administrative institutions (1960–1972) to Soviet-style socialism (1973–1993) to liberalization (1993–present). For decades, environmental conservation has been a major priority of the country's politicians and of international donors operating in Madagascar (Randrianja and Ellis 2009). For example, at the 2003 World Parks Congress in Durban, South Africa, the government made a commitment to tripling the area of land under protection (Corson 2011). Just recently, in November 2014, the government pledged to triple the marine protected area network—largely through community-based initiatives (Blue Ventures 2014). Civil society organizations have largely taken the lead in conservation efforts in Madagascar over the last three decades.

Despite all this effort towards conservation, threats to biodiversity remain very strong, and Madagascar continues to lose its biodiversity (Ferguson and Gardner 2010). Human activities—including clearing for agriculture, fuelwood, and grazing, as well as larger-scale exploitation such as mining—pose the greatest threats to terrestrial biodiversity and ecosystems (CEPF 2014). Marine and coastal biodiversity are most seriously threatened by overexploitation and unsustainable coastal development (CEPF 2014). Furthermore, the state's ability to address these threats is undermined by political turmoil (for example the political crisis from 2009–2013). Madagascar is also a very impoverished country: 75% of the population lives under the poverty line (World Food Programme 2012); Madagascar is ranked 155 out of 187 countries by the UNDP 2013 Human Development Index (UNDP 2013); and almost half (49.2%) of all children under five in Madagascar are considered chronically malnourished (WHO Global Database on Child Growth and Malnutrition 2012). Reconciling the development needs of the country's citizens and the conservation of its unique biodiversity has been an ongoing challenge. Public



discourse about environmental conservation often highlights the contrast between the country's rich and valued biodiversity and its citizens' poverty; the public perceives that a large amount of money is invested in the environment – with mixed results and few benefits for the average Malagasy citizen. Given the dependence of most Malagasy people on natural resources for their livelihoods, conservation measures that restrict access to resources can have negative consequences for locals (Rasolofoson et al. 2015). In this context, it is important to improve the efficacy of core conservation strategies such as protected areas, for example through partnerships with local leaders (Rakotomanana et al. 2013). In addition, innovative strategies for mitigating biodiversity loss must be identified in order to address ongoing conservation, such as inequitable distribution of costs and benefits from conservation efforts (Scales 2014).

The resources in this issue of *Lessons in Conservation* reflect the complexity of the situation in Madagascar. While “Bats of Madagascar” presents conservation challenges within one taxonomic group, the module “Management of Threatened Species” (« La gestion des espèces menacées ») demonstrates the importance of harnessing conservation techniques for mitigating species loss. Currently 1,251 species from Madagascar and other Indian Ocean islands can be found on the Red List of Threatened Species, of which 296 are in critical danger of extinction (CEPF 2014). “Poverty reduction and biodiversity conservation” (« Réduction de la pauvreté et conservation de la biodiversité ») illustrates the difficulties of aligning conservation and development objectives in a country where the rural population is especially impoverished. “Community Based Natural Resource Management” (« Gestion communautaire des ressources naturelles ») presents efforts to integrate grassroots initiatives and practices inspired from local uses and customs into conservation measures.

By developing capacity in biodiversity conservation through these modules, Réseau des Educateurs et Professionnels de la Conservation–Madagascar (REPC–MD) the Malagasy affiliate of the Network of Conservation Educators and Practitioners (NCEP) is making an important contribution to addressing

biodiversity conservation challenges in Madagascar. The members of REPC–MD have identified the subject of these modules as priorities and they were written and developed by members of the Malagasy academic and professional worlds. After 10 years as a project (2004–2013), REPC–MD has transformed itself into a Malagasy association that will continue to improve access to opportunities for capacity development for Malagasy conservation professionals and educators (<http://repc-md.weebly.com/>).

We hope that this issue of *Lessons in Conservation* will inspire readers to further their appreciation and knowledge of Madagascar and, in particular, that these French–language modules will support capacity development in biodiversity conservation in Madagascar and in other francophone countries.

BIBLIOGRAPHY

- Blue Ventures. 2014. Madagascar's bold blue vision puts communities at centre of marine protection. Available at <http://blueventures.org/bold-vision-puts-communities-centremarine-protection/> (Accessed 13 July 2015).
- [CEPF] Critical Ecosystem Partnership Fund. 2014. Profil d'écosystème hotspot de Madagascar et des îles de l'Océan Indien, Conservation International, Antananarivo, Madagascar.
- Corson, C. 2011. Territorialization, enclosure and neoliberalism: non-state influence in struggles over Madagascar's forests. *Journal of Peasant Studies* 38(4):703–726.
- Dewar, R.E., and A.F. Richard. 2012. Madagascar: a history of arrivals, what happened, and will happen next. *Annual Review of Anthropology* 41:495–517.
- Dewar, R.E., C. Radimilahy, H.T. Wright, Z. Jacobs, G.O. Kelly, and F. Berna. 2013. Stone tools and foraging in northern Madagascar challenge Holocene extinction models. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110(31):12583–12588.
- de Wit, M.J. 2003. Madagascar: heads it's a continent, tails it's an island. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 31(1):213–48.
- Ferguson, B., and C.J. Gardner. 2010. Editorial: looking back and thinking ahead – where next for conservation in Madagascar?. *Madagascar Conservation and Development* 5(2):75–76.
- Ganzhorn, J.U., L. Wilmé, and J.L. Mercier. 2013. Explaining Madagascar's biodiversity. Pages 17–43 in I.R. Scales, editor. *Conservation and environmental management in Madagascar*. Earthscan, Abingdon, UK.
- Grubb, P.J. 2003. Interpreting some outstanding features of the flora and vegetation of Madagascar. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 6(1):125–146.
- [IUCN/SSC] International Union for Conservation of Nature's Species Survival Commission, Primate Specialist Group. 2014. *Global Primate Diversity*. Bristol Conservation and Science



- Foundation and Conservation International. Available at http://www.primate-sg.org/primata_diversity_by_region/ (Accessed 13 July, 2015).
- Mittermeier, R.A., C. Schwitzer, S. Johnson, and J. Ratsimbazafy. 2013. Introduction. Pages 5–11 in C. Schwitzer, R.A. Mittermeier, N. Davies, S. Johnson, J. Ratsimbazafy, J. Razafindramanana, E.E. Louis Jr., and S. Rajaobelina, editors. *Lemurs of Madagascar: a strategy for their conservation 2013–2016*. IUCN, Bristol, UK.
- Rakotomanana, H., R.K.B. Jenkins, and J. Ratsimbazafy. 2013. Conservation challenges for Madagascar in the next decade. Pages 34–39 in P.H. Raven, N.S. Sodhi, and L. Gibson, editors. *Conservation biology: voices from the tropics*. John Wiley and Sons, Oxford, UK.
- Randrianja, S., and S. Ellis. 2009. *Madagascar: a short history*. University Of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Rasolofoson, R.A, P.J Ferraro, C.N Jenkins, and J.P.G. Jones. 2015. Effectiveness of community forest management at reducing deforestation in Madagascar. *Biological Conservation* 184(2015):271–277.
- Scales, I.R. 2014. The future of conservation and development in Madagascar: time for a new paradigm?. *Madagascar Conservation and Development* 9(1):5–12.
- [UNDP] United Nations Development Programme in Belize. 2013. *Sustaining Human Progress: reducing vulnerabilities and building resilience*. Human Development Report. UNDP, U Cayo District, Belize.
- World Food Programme. 2012. Madagascar: overview. Accessible at <http://m.wfp.org/countries/Madagascar/Overview> (Accessed 13 July 2015).
- [WHO] World Health Organization. Global Database on Child Growth and Malnutrition. 2012. Madagascar: child malnutrition estimates by WHO Child Growth Standards. World Health Organization. Available at <http://www.who.int/nutgrowthdb/database/countries/mdg/en/> (Accessed 13 July 2015).

Une Introduction à la Situation Écologique et Politique de la Conservation de la Biodiversité à Madagascar

Georgina Cullman¹ et Domoina Rakotobe²

¹Center for Biodiversity and Conservation, American Museum of Natural History, ²Réseau des Educateurs et Professionnels de la Conservation–Madagascar, Madagascar

Madagascar tient une place spéciale dans les cercles internationaux de conservation à cause de sa faune unique et menacée. La quatrième plus grande île du monde est plus étendue que la France. L'île est parfois qualifiée de huitième continent à cause de sa taille et des treize écosystèmes diversifiés qu'elle abrite (de Wit 2003; CEPF 2014). Tout au long de la côte est de Madagascar s'étalent les forêts tropicales humides qui couvrent 18,41 % de la superficie du pays (CEPF 2014). Une mosaïque de prairies et de régions boisées occupe la partie centrale de l'île, et elle représente 41% de superficie des terres (CEPF 2014). D'autres écosystèmes importants comprennent les forêts sèches de l'ouest. La pointe sud est aride (300–600 mm de précipitations par an), et elle abrite l'unique forêt épineuse (Grubb 2003). En raison de son passé géologique (elle a été isolée des autres continents pendant au moins 80 millions d'années), Madagascar a développé un grand niveau d'endémisme et de diversité phylogénétique (ce qui veut dire que non seulement les espèces à Madagascar sont uniques, mais aussi que les espèces endémiques présentes aujourd'hui n'ont pas de proches parents sur d'autres parties de la planète) (Ganzhorn et al. 2013). L'île abrite plus de 11.200 plantes indigènes (90% endémiques), 406 espèces de reptiles (96% endémiques) et 295 amphibiens (presque 100% endémiques) (CEPF 2014). Bien entendu, les espèces endémiques les plus connues de Madagascar sont les lémuriers –un groupe morphologiquement et écologiquement spécifique de primates composé de 5 familles et 101 espèces, selon les derniers comptages effectués (IUCN/SSC Primate Specialist Group 2014; Mittermeier et al. 2013).

Les peuples et les cultures de Madagascar sont uniques. Les Malgaches actuels possèdent un héritage génétique venus d'Asie et d'Afrique. Bien que des preuves d'activités humaines ont été décrites vers 2288–2035 av. J-C (Dewar et al. 2013), les preuves d'établissement humain remontent à 300–500 de notre ère. Aujourd'hui la langue Malgache, principalement Austronésienne, avec

environ 18 dialectes a subi des influences entre autres africaines de l'Est, arabiques, françaises et anglaises (Dewar et Richard 2012). Depuis la proclamation de son indépendance de la colonisation française en 1960, les politiques du pays ont changé considérablement, du maintien des institutions administratives coloniales (1960–1972) au régime de style socialiste soviétique (1973–1993) jusqu'à la libéralisation (de 1993 à nos jours). Même avant le net rejet du socialisme, la protection de l'environnement était une priorité majeure pour les bailleurs de fonds internationaux opérant à Madagascar et les politiciens du pays (Randrianja et Ellis 2009). Par exemple, au Congrès Mondial des Parcs à Durban, (Afrique du Sud le gouvernement s'est engagé à tripler la surface de la zone sous protection (Corson 2011). Récemment, en Novembre 2014, le gouvernement a promis de tripler la superficie de zones marines protégées—largement à travers des initiatives basées sur les communautés (Blue Ventures 2014). Les organisations de la société civile ont pris le devant dans les efforts de conservation à Madagascar depuis les trois dernières décennies.

En dépit des efforts pour la conservation, les menaces restent très fortes, et Madagascar continue à perdre sa biodiversité (Ferguson et Gardner 2010). Les activités humaines, incluant les défrichages pour l'agriculture, le bois d'énergie et le pâturage, ainsi que les exploitations à grande échelle telles que les mines – posent les plus grandes menaces pour la biodiversité (CEPF 2014). De plus, la compétence de l'Etat à faire face à ces menaces est minée par les crises politiques (par exemple celle de 2009–2013). Madagascar est aussi un pays très appauvri, avec 75% de la population vivant au-dessous du niveau de pauvreté (World Food Programme 2012). Madagascar est classé 155^{ème} sur les 187 pays retenus par le Index de Développement Humain du PNUD de 2013 (UNDP 2013). La moitié des enfants de moins de cinq ans à Madagascar est considérée comme chroniquement mal nourris (WHO Global Database



on Child Growth and Malnutrition 2012). Réconcilier les besoins du développement des citoyens du pays avec la conservation de sa remarquable biodiversité a été un défi permanent. Les discours publics sur la conservation de l'environnement soulignent le contraste entre la biodiversité riche et précieuse et la pauvreté des citoyens; le public perçoit que les résultats sont mitigés et les bénéfices aux populations locales sont très faibles en comparaison aux fonds investis dans l'environnement. Étant donné la dépendance de la plupart des Malgaches aux ressources naturelles pour leur subsistance, les mesures de conservation qui restreignent l'accès aux ressources peuvent avoir des conséquences négatives pour les populations locales (Rasolofoson et al. 2015). Dans ce contexte, il est important d'améliorer l'efficacité des stratégies de conservation existantes comme les aires protégées (Rakotomanana et al. 2013). De plus, des stratégies novatrices doivent être identifiées pour faire face aux défis actuels tels qu'une distribution inéquitable des coûts et bénéfices des efforts de conservation (Scales 2014).

Les modules dans cette édition de *Lessons in Conservation* reflètent la complexité de la situation à Madagascar. Alors que le module « Chauve-souris de Madagascar » présente les défis de conservation d'une espèce, le module « La Gestion des Espèces Menacées » démontre l'importance de maîtriser des techniques de conservation pour atténuer la perte de ces espèces. Actuellement 1251 espèces de Madagascar et d'autres îles de l'Océan Indien figurent sur la Liste Rouge des Espèces Menacées, et 296 d'entre elles sont en danger critique d'extinction (CEPF 2014). Le module « Réduction de la Pauvreté et Conservation de la Biodiversité » illustre les difficultés pour concilier les objectifs de conservation et de développement dans un pays où la population rurale est particulièrement appauvrie. Le module « Gestion Communautaire des Ressources Naturelles » présente des initiatives à partir de la base et des pratiques inspirées d'usages et de coutumes locaux pour les mesures de conservation.

En développant les capacités dans la conservation de la biodiversité à travers ces modules, Réseau des Educateurs et Professionnels de la Conservation-Madagascar (REPC-MD), filiale Malgache du Network of Conservation Educators and Practitioners (NCEP)

contribue de façon importante à relever les défis présentés par la conservation de la biodiversité à Madagascar. Les membres du REPC-MD ont identifié les sujets de ces modules comme des priorités. Ils ont été écrits et développés par les membres enseignants des universités et professionnels de la conservation. Après 10 ans comme projet (2004–21013), REPC-MD s'est transformé en une association Malgache qui continuera à améliorer l'accès aux occasions de développement pour les professionnels et les éducateurs malgaches de la conservation de la biodiversité (<http://repc-md.weebly.com/>).

Nous espérons que cette édition de *Lessons in Conservation* conduira les lecteurs à approfondir leur appréciation et leur connaissance de Madagascar et qu'en particulier, ces modules en Français contribueront au développement de la conservation de la biodiversité à Madagascar et dans les autres pays francophones.

BIBLIOGRAPHIE

- Blue Ventures. 2014. Madagascar's bold blue vision puts communities at centre of marine protection. Accessible au <http://blueventures.org/bold-vision-puts-communities-centremarine-protection/> (Accédé 13 juillet 2015).
- [CEPF] Le Fonds de Partenariat pour les Écosystèmes Critiques. 2014. Profil d'écosystème hotspot de Madagascar et des îles de l'Océan Indien, Conservation International, Antananarivo, Madagascar.
- Corson, C. 2011. Territorialization, enclosure and neoliberalism: non-state influence in struggles over Madagascar's forests. *Journal of Peasant Studies* 38(4):703–726.
- Dewar, R.E., et A.F. Richard. 2012. Madagascar: a history of arrivals, what happened, and will happen next. *Annual Review of Anthropology* 41:495–517.
- Dewar, R.E., C. Radimilahy, H.T. Wright, Z. Jacobs, G.O. Kelly, et F. Berna. 2013. Stone tools and foraging in northern Madagascar challenge Holocene extinction models. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110(31):12583–12588.
- de Wit, M.J. 2003. Madagascar: heads it's a continent, tails it's an island. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 31(1):213–48.
- Ferguson, B., et C.J. Gardner. 2010. Editorial: looking back and thinking ahead – where next for conservation in Madagascar?. *Madagascar Conservation and Development* 5(2):75–76.
- Ganzhorn, J.U., L. Wilmé, et J.L. Mercier. 2013. Explaining Madagascar's biodiversity. Pages 17–43 dans I.R. Scales, éditeur. *Conservation and environmental management in Madagascar*. Earthscan, Abingdon, UK.
- Grubb, P.J. 2003. Interpreting some outstanding features of the flora and vegetation of Madagascar. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 6(1):125–146.

- [IUCN/SSC] International Union for Conservation of Nature's Species Survival Commission, Primate Specialist Group. 2014. Global Primate Diversity. Bristol Conservation and Science Foundation and Conservation International. Accessible au http://www.primatesg.org/primatesg_diversity_by_region/ (Accédé 13 juillet 2015).
- Mittermeier, R.A., C. Schwitzer, S. Johnson, et J. Ratsimbazafy. 2013. Introduction. Pages 5–11 dans C. Schwitzer, R.A. Mittermeier, N. Davies, S. Johnson, J. Ratsimbazafy, J. Razafindramanana, E.E. Louis Jr., et S. Rajaobelina, éditeurs. Lemurs of Madagascar: a strategy for their conservation 2013–2016. IUCN, Bristol, UK.
- Rakotomanana, H., R.K.B. Jenkins, et J. Ratsimbazafy. 2013. Conservation challenges for Madagascar in the next decade. Pages 34–39 dans P.H. Raven, N.S. Sodhi, and L. Gibson, éditeurs. Conservation biology: voices from the tropics. John Wiley and Sons, Oxford, UK.
- Randrianja, S., et S. Ellis. 2009. Madagascar: a short history. University Of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Rasolofoson, R.A, P.J Ferraro, C.N Jenkins, et J.P.G. Jones. 2015. Effectiveness of community forest management at reducing deforestation in Madagascar. *Biological Conservation* 184(2015):271–277.
- Scales, I.R. 2014. The future of conservation and development in Madagascar: time for a new paradigm?. *Madagascar Conservation and Development* 9(1):5–12.
- [UNDP] United Nations Development Programme in Belize. 2013. Sustaining human progress: reducing vulnerabilities and building resilience. Human Development Report. UNDP, U Cayo District, Belize.
- World Food Programme. 2012. Madagascar: overview. Accessible au <http://m.wfp.org/countries/Madagascar/Overview> (Accédé 13 juillet 2015).
- [WHO] World Health Organization. Global Database on Child Growth and Malnutrition. 2012. Madagascar: child malnutrition estimates by WHO Child Growth Standards. World Health Organization. Accessible au <http://www.who.int/nutgrowthdb/database/countries/mdg/en/> (Accédé 13 juillet 2015).



La Gestion Communautaire des Ressources Naturelles

André Houssein,¹ Lala Jean Rakotoniaina,² Jamie Copsey,³ et Domoina Rakotobe⁴

¹University of Antananarivo, Madagascar; ²Durrell Wildlife Conservation Trust, Madagascar; ³Durrell Conservation Academy, Jersey, UK; ⁴Réseau des Educateurs et Professionnels de la Conservation, Madagascar

RESUMÉ

Ce module retrace les généralités sur la Gestion Communautaire des Ressources Naturelles (GCRN) dans différents écosystèmes à Madagascar. Il présente les concepts de base de la GCRN à Madagascar, qui est étroitement lié aux modes d'accès à la terre et aux relations de pouvoir entre les différentes entités. La GCRN présente des formes de pratiques diversifiées mais toujours organisées à la base, grâce aux initiatives des communautés locales. Le module aborde aussi des questions beaucoup plus difficiles sur la durabilité et les conditions de réussites de la GCRN surtout dans un pays pauvre comme Madagascar avec une richesse biologique unique.

1. INTRODUCTION

L'utilisation durable des ressources naturelles devient actuellement une préoccupation sociale dominante posée à tous les niveaux: local, national et international. La société malgache est composée à plus de 70% de ruraux qui dépendent principalement des ressources naturelles; à ceci s'ajoute le monde urbain qui exploite régulièrement ces ressources sous diverses formes: nourriture, bois énergie, matériaux de construction, etc. Toutefois, face à une capacité de charge limitée de la nature qui accuse depuis presque un demi-siècle une dégradation sévère causée par différents phénomènes dont certains sont attribués à l'Homme, une utilisation durable des ressources naturelles s'impose pour garder les fonctions écologiques et garantir la durabilité des services écosystémiques. Ainsi, l'hypothèse de recourir à la gestion communautaire des ressources naturelles paraît nous fournir une réponse adéquate à cette problématique en attribuant aux communautés locales les responsabilités pour gérer durablement leurs ressources.

Au lendemain de l'Indépendance de Madagascar en 1960, l'Etat s'était vu être à la fois propriétaire, gestionnaire et opérateur pour tout ce qui concerne les ressources naturelles. La Deuxième République (1972–1991) a vu l'accentuation du rôle de l'Etat dans la gestion des ressources naturelles. La population rurale, de son côté, était longtemps considérée comme utilisatrice anarchique des ressources naturelles. Mais, les recommandations issues de la conférence de Rio de 1992 accordent une importance particulière aux communautés locales qui seront désormais impliquées

dans la gestion directe des ressources naturelles renouvelables. Depuis, la gestion communautaire des ressources naturelles n'a cessé d'évoluer sous différentes formes et pratiques.

Ce module, sans vouloir être exhaustif, retrace plusieurs aspects de la gestion communautaire à Madagascar. Il s'intéresse particulièrement aux stratégies de gestion communautaire par rapport aux enjeux fonciers et de territoire, ainsi que les différentes organisations des communautés villageoises en faveur de l'environnement. De nombreuses informations locales provenant de diverses sources orales ont été prises en considération pour compléter les publications officielles. Certaines d'entre elles ont été recueillies sur le terrain auprès des personnes ressources tandis que d'autres ont été relevées pendant les réunions ou ateliers villageois, communaux ou régionaux concernant le sujet.

2. CONCEPTS DE BASE DE LA GESTION COMMUNAUTAIRE

La gestion communautaire, dans le sens d'efforts organisés d'une communauté ayant des intérêts communs pour gérer les ressources naturelles d'un terroir commun (van den Breemer et al. 1995; Hachileka et Kokwe 2000), n'est pas chose nouvelle. Au contraire, les communautés locales avaient géré les ressources naturelles sur lesquelles elles comptaient pendant des siècles sinon des millénaires. Les pays du Sud comme ceux du Nord ont chacun développé des formes de pratiques de gestion communautaire depuis les temps



les plus anciens. Cependant, l'institutionnalisation de la conservation communautaire au niveau international s'était seulement effectuée au cours des dernières décennies.

En effet, la prise en considération des populations locales comme acteurs clés dans la gestion durable des ressources naturelles et de la conservation de la biodiversité fait suite à un constat d'échecs de la politique d'exclusion fortement véhiculée durant la colonisation (Hackel 1999). Les populations locales ont été souvent perçues comme étant une menace pour la biodiversité. Ainsi, la seule option retenue a été de les mettre à l'écart des aires protégées. Cependant, les résultats des études menées sur la conservation dans les années 60 ont mis en évidence que la biodiversité ne pouvait être conservée à long terme par l'approche de « conservation de forteresse » dominante en particulier pour Afrique (Adams et Hulme 2001). En outre, au cours des années 80, plusieurs pays devenus indépendants (en particulier en Afrique) se trouvèrent confrontés à des difficultés économiques et les ressources nécessaires pour s'acquitter des services essentiels leur faisaient défaut. Par conséquent, les gardes forestiers contrôlant les activités humaines dans ces aires protégées et dont le nombre avait augmenté, ne furent plus payés. La politique d'austérité prônée par les institutions de Bretton Woods en Afrique a conduit les gouvernements à relayer la conservation de la biodiversité aux populations locales et aux organisations non gouvernementales (van den Breemer et al. 1995).

Au niveau international, le Sommet de la Terre à Rio en 1992 est un tournant décisif dans l'octroi du pouvoir décisionnaire et discrétionnaire aux populations locales pour gérer leurs ressources (Western et Wright 1994). L'agenda 21¹ du Sommet affirme clairement que les populations indigènes doivent avoir plus de pouvoir et être prises en considération dans les actions de protection de l'environnement et de développement à cause de leurs relations historiques, culturelles et religieuses avec la nature. Des recherches ont aussi démontré que les pratiques de ces peuples indigènes qui se sont étalées

sur plusieurs générations successives ont conduit à des savoirs locaux qui incorporent souvent des pratiques de durabilité dans l'exploitation des ressources naturelles (Ward 1996).

D'autres arguments ont appuyé cette tendance internationale envers les communautés locales, notamment le concept de « localisme » (Ward 1996; Connelly et Smith 1999). L'idée que ces dernières se trouvent quotidiennement et étroitement concernées aux problèmes locaux les met en meilleure position pour les résoudre (Connelly et Smith 1999). En effet, ces communautés connaissent mieux que quiconque les véritables enjeux et les dilemmes de la gestion des ressources naturelles dans leurs territoires. En outre, elles possèdent la légitimité pour prendre les décisions qui les concernent.

Des mesures pour recentrer l'attention sur les dimensions humaines dans les pratiques de conservation ont conduit à l'émergence du concept de Gestion Communautaire. D'autres termes similaires sont souvent utilisés comme synonymes: gestion communautaire des écosystèmes (Gray et al. 2001), gestion locale des ressources (van den Breemer et al. 1995), conservation communautaire (Hackel 1999; Jones et Horwich 2005), ou co-gestion (Treves et al. 2006) dans laquelle la gestion des ressources naturelles est partagée entre les communautés concernées, les institutions gouvernementales et/ou les organisations non gouvernementales (ONGs). Ces différents termes couvrent cependant un principe clé: l'effort d'organisation des communautés locales pour gérer durablement leurs ressources dans un intérêt commun. Le principe de base de la gestion communautaire est de permettre aux populations vivant autour des zones de conservation de participer aux décisions concernant l'utilisation du sol et la gestion des ressources, en leur octroyant le droit de propriété et d'usage sur les ressources naturelles de leurs territoires tout en recevant les bénéfices économiques pour gérer durablement l'environnement (Hackel 1999; Adams et Hulme 2001). Ces tendances appuyées par le consensus international qui soutient l'approche de développement « bottom-up » seraient plus efficaces que les organisations à caractère bureaucratique qui prônent le plus souvent l'approche « top-down ». Cependant, le niveau d'implication des

¹In section III: Strengthening the role of the major groups Chapter 26 on recognizing and strengthening the role of indigenous people and their communities:

http://www.un.org/esa/dsd/agenda21/res_agenda21_26.shtml



communautés dans la gestion des ressources et leur capacité à atteindre leurs objectifs de développement restent variables (Barrow et Murphree 2001).

En dépit de ces arguments en faveur de la conservation communautaire, celle-ci fait face à de nombreuses critiques notamment en Afrique à partir de la seconde moitié des années 90. Les nombreux espoirs fondés sur cette approche furent confrontés à de terribles désenchantements. En effet, le concept a été trop vanté (Hackel 1999) et ses succès amplifiés (Brockington 2007). Scales (2014) renforce ces précautions envers la gestion communautaire des ressources naturelles en rappelant qu'il est important de comprendre son aspect évolutif, sa gestion adaptative, et les particularités propres à chaque modèle. Comprendre cela permet de ne pas avoir des attentes irréalistes envers la GCRN.

Des recherches ont démontré que les causes typiques des échecs de la conservation communautaire sont dues à une mise en œuvre défectueuse, en d'autres termes, la difficulté d'allier les objectifs de conservation et de développement (Berkes 2004). Fabricius et Collins (2007) expliquent qu'en Afrique, l'insuffisance du capital physique, humain et financier, conduit à des situations de mise en œuvre trop fragiles. En effet, la vaste majorité de populations rurales africaines est pauvre et démunie pour mettre en œuvre, et surtout maintenir, une conservation communautaire appropriée. Hackel (1999) a d'ailleurs averti que dans de tels cas, les communautés locales – ou certains membres – se retireraient du projet de conservation si d'autres options plus bénéfiques se présentaient. Pour Scales (2014) l'imposition des institutions extérieures est également un des freins à un véritable développement d'une gestion communautaire partant de la base.

Tableau 1. Quelques types d'approche de conservation communautaire, avec différents niveaux de participation et responsabilité communautaire.

	GESTION PARTAGÉE	CONSERVATION PAR LA COMMUNAUTÉ DE BASE	AIRES DE CONSERVATION COMMUNAUTAIRE ET AUTOCHTONES
Objectif	Conservation de biodiversité offrant certains avantages socioéconomiques aux ruraux	Développement rural soutenable	Soutien aux moyens de subsistance, des valeurs culturelles, et des habitats clés
Propriétaire de la ressource	L'Etat est propriétaire du terrain et accorde quelques droits d'usage sur les ressources transmises aux communautés Arrangements complexes de la tenure foncière	Les terres appartiennent aux utilisateurs locaux avec un contrôle éventuel de l'Etat	Les terres appartiennent aux utilisateurs locaux, avec des différents niveaux de reconnaissance par l'Etat
Approche de gestion	Un accord entre l'Etat et les groupes d'utilisateurs sur la gestion de quelques ressources	L'accent est porté sur le développement de l'économie rurale avec intégration de la dimension écologique concernant les décisions importantes à prendre en matière de gestion	Les objectifs de gestion sont formulés par les communautés locales avec beaucoup de variétés dans la pratique.
aire protégée Intégrale (gérée par des institutions)	Parc Naturel de Makira, au nord-est de Madagascar (WCS 2015)	Ambohimombo COBA, Fianarantsoa (Pollini et Lassoie 2011)	Andravazaha forêt, Commune rurale de Manombo-Atsimo, Région de Mikea, Toliara (ICCA Consortium 2010)



La GCRN est une approche si vaste qu'il est quasi-impossible de lister les différents principes qui la sous-tendent. Les concepts cités ci-après permettent de mieux comprendre sa portée, ses pratiques et ses différentes formes notamment dans un pays comme Madagascar où la tradition donne déjà une grande place aux villageois dans la gestion des ressources naturelles.

3. CONTEXTE MALGACHE DE GESTION COMMUNAUTAIRE

3.1 Un Concept Basé sur l'Accès à la Terre

Le concept malgache sur la propriété et les ressources naturelles en commun repose sur le fait que la terre, première ressource naturelle ancestrale appropriée selon le « *tany maintimolalin'ny razana* » (la terre noircie par le brûlis ancestral), est le patrimoine de toutes les générations. Le temps et l'espace de collecte, de pêche et de chasse dans les forêts, les lacs et marais sont gérés par le système des jours et des zones tabous.

La propriété foncière et des ressources naturelles étaient d'abord communautaires (*fokonolona*), claniques ou lignagères (*raza, karaza, dodôky*). Leur gestion par le groupe des notables (*sojabe, lonaky, raiamandreny*) était gérontocratique. Avec la monarchie et le système d'impôts, le propriétaire (le roi) change mais les utilisateurs restent les mêmes. Cela est encore vivace aux lacs Ankomakoma et Ravelobe d'Ankarafantsika (Nord-Ouest). Les ressources biologiques (par exemple, la tortue, Podocnémide de Madagascar, *Rere, Erymnochelis madagascariensis*) et naturelles (par exemple, *Raphia* sp.) de ces lieux sacrés (*Doany*) sont gérées de cette manière.

La gestion traditionnelle des ressources naturelles est définie par les us et coutumes de la propriété collective des ressources naturelles, souvent illustrée par les proverbes mettant en valeur la nature. Le *dina* (régulation des délits locaux) valorise les normes locales. A Miandrivazo dans le Sud Ouest de Madagascar, les lacs de Begogo/Maombe et la rivière Mahajilo se distinguent par leur bonne population de *Rere*, grâce à la fertmeture de la pêche durant la saison de crue des pluies estivales. La réouverture traditionnelle de la pêche est célébrée avec la fête du

loadrano. Les ressources naturelles, tels les poissons et les phragmites, y abondent.

Toutefois, la présence des valeurs de développement durable dans les traditions ne garantit pas forcément des pratiques toujours rationnelles. On peut déceler de la partialité envers certains « individus à qui on est intimidé » (*matin-kenamaso*). La domination gérontocratique persiste encore et peut, dans certains cas, devenir un frein aux initiatives de développement de la communauté.

3.2 Les Structures de GCRN

La gestion communautaire des ressources naturelles à Madagascar est organisée suivant des structures administratives, traditionnelles et techniques.

1. La communauté de base ou communautés locales de base (COBA), gestionnaire, représentant la population locale utilisatrice au niveau du fokontany; organe centrale de la GCRN;
2. Le Maire et la Commune, autorités administratives locales chargées de la reconnaissance de la constitution officielle de la COBA et de la résolution des conflits éventuels;
3. Le Cantonnement de l'Environnement, de l'Écologie et des Forêts est chargé d'assurer la résolution des problèmes techniques;
4. La Région et le Ministère chargé de l'environnement (dont la dénomination a fréquemment changé en dix ans); chargé de l'élaboration des cadres juridiques, et des stratégies et politiques nationales.

La COBA est constituée par tout groupement volontaire d'individus unis par les mêmes intérêts et obéissant à des règles de vie commune et qui regroupe, selon le cas, les habitants d'un hameau, d'un village, ou d'un groupe de villages. Elle est dotée de la personnalité morale. La COBA est constituée en association et régulièrement déclarée par ses fondateurs auprès de la mairie. A cet effet, les statuts de l'association doivent stipuler l'existence d'un organe délibérant et d'un organe exécutif, ainsi que les règles de fonctionnement et de gestion financière. Le règlement intérieur souvent puisé du *dina* local est établi, adopté et modifié par l'assemblée générale selon les règles coutumières régissant la COBA. Ces



dispositions doivent être conformes à la Constitution, à la législation et à la réglementation en vigueur, et ne deviennent exécutoires qu'après visa du maire.

Dans certains cas, la COBA est constituée par quelques individus dynamiques qui se comportent en groupe leader au niveau de leur terroir. Dans d'autres, elle est formée par des dirigeants traditionnels et des groupes socio-professionnels. Aussi, les COBAs sont souvent formées par la facilitation d'une groupe extérieur comme une ONG. La fédération des COBA d'une même zone est nécessaire pour résoudre des problèmes communs. Autour du lac Alaotra, on peut distinguer trois fédérations (Nord, Est, Ouest) de COBA pour les marais et quatre (Nord-Est, Sud-Est, Nord-Ouest et Sud-Ouest) pour les pêcheurs du lac.

3.3 Historique de la Réglementation Nationale de la Gestion Communautaire

3.3.1 La Gestion Locale Sécurisée:

La première phase du Programme d'Actions Environnementales (PAE) engagée à Madagascar entre 1991 et 1996, a donné l'occasion d'engager des recherches sur les capacités d'initiative locale en vue d'instaurer un mécanisme de développement durable et de conservation des ressources naturelles renouvelables. Ainsi, il a été relevé que l'incapacité évidente et continue

de l'Etat à assurer la gestion effective des sites de conservation et à faire respecter les réglementations devait entraîner fatalement la surexploitation, la dégradation et la destruction parfois irréversible de la plupart de ces ressources. D'autre part, les pratiques centralisatrices des différents régimes qui se sont succédés à Madagascar, ont contribué à l'affaiblissement des autorités coutumières et à l'effritement de leurs pouvoirs de décision.

Sur la base de ces considérations et des consultations multipartites, le gouvernement malgache a défini une politique nationale de la gestion communautaire des ressources renouvelables à travers gestion locale sécurisée des ressources naturelles, et vulgarisée sous l'appellation GELOSE (gestion locale sécurisée), concrétisée par le décret N° 96-025 du 30 septembre 1996.

La GELOSE a pour but de mettre en place un mode de gestion consensuelle basée sur des objectifs de développement durable, en vue d'une valorisation des terres, de la biodiversité et des ressources naturelles renouvelables, au profit des communautés et des régions. Elle est mise en œuvre par un contrat passé entre l'Etat, la COBA, selon un cahier des charges définissant les droits et les obligations des parties. Ce contrat organise simultanément:

1. Le transfert à la COBA de la gestion des

Tableau 2. Séquence du processus GELOSE

PROCÉDURE	LES ACTEURS
CAMPAGNE D'ANIMATION	Office Nationale pour l'Environnement (ONE), Agence d'Exécution (AGEX), ONG, COBA
Requête volontaire des Communautés rurales sensibilisées	COBA, Médiateur
Agrément par la Commune	Maire
PROCESSUS D'ÉTABLISSEMENT DU CONTRAT:	ONE, AGEX, Médiateur, ONG
Diagnostic participatif de l'état des lieux;	
Délimitation collective du périmètre;	
Élaboration du plan d'aménagement des ressources;	
Élaboration du plan de gestion; et	
Élaboration du Dina.	
DÉFINITION DES TERMES DE LA CONVENTION	Représentants de la COBA, de la Commune, du District et des services techniques déconcentrés de l'État
CONCLUSION ET RITUALISATION DU CONTRAT	
OPÉRATION SFR	



ressources renouvelables de son terroir et relevant du domaine de l'Etat ou des collectivités territoriales, à savoir les forêts, la faune et la flore, l'eau et les territoires de parcours; et

2. La sécurisation relative des terres et espaces du terroir de la COBA (ou SFR: sécurisation foncière relative), à savoir les terres cultivées ou jachères des familles ou des personnes, et les espaces communautaires. Ce deuxième point concerne le relevé ou inventaire foncier basé sur la constatation contradictoire des titres de propriété et des occupations foncières du terroir.

Les procédures de transfert de la gestion des ressources aux COBA impliquent des négociations patrimoniales initiées par un Médiateur environnemental attitré. La médiation environnementale a pour but de faciliter les discussions entre les différents partenaires impliqués dans la GELOSE, de rapprocher les points de vue et objectifs en présence, par l'établissement d'un courant d'information entre les parties, et de faciliter ainsi l'émergence d'une stratégie commune de la gestion à long terme des ressources naturelles et la gestion consensuelle des procédures permettant leur gestion effective.

A cet effet, les COBA définissent les règles d'usage qui vont régir la gestion des ressources communes et des espaces communs se trouvant dans leurs terroirs, dans le cadre de plans globaux de gestion établis de façon négociée avec l'appui technique des services administratifs déconcentrés. Les discussions et négociations ont lieu directement entre les parties concernées sous l'égide du médiateur assurant le rôle de facilitateur et de conseiller neutre. Le médiateur peut donner un avis obligatoire si les parties le demandent, mais il ne peut ni imposer une solution aux parties ni prendre fait et cause pour l'une des parties.

3.3.2 La Sécurisation Relative du Foncier et des Ressources Renouvelables

A l'appui de l'opération GELOSE, le décret N°98-610 a inauguré un nouvel outil de sécurisation du foncier, la Sécurisation Foncière Relative (SFR) qui est une option à la fois moins coûteuse, plus rapide et plus simple que les procédures réglementaires en vigueur et se

justifiant par la vivacité et l'importance des systèmes de gestion coutumière qui sont basés sur des notions de patrimonialité plutôt que de propriété au sens du droit positif. En effet, dans la plupart des campagnes malgaches, les paysans ne détiennent pas de titres fonciers sur les terres qu'ils occupent depuis des générations.

La SFR est une procédure qui consiste à effectuer la délimitation d'ensemble du terroir d'une COBA bénéficiaire d'un contrat GELOSE et à constater par une reconnaissance administrative l'ensemble des terres coutumières appropriées dans le terroir, tant les espaces agricoles cultivés ou en jachère que les espaces de pâturage, les plans d'eaux continentaux, les zones périphériques des Aires Protégées et les zones de conservation des sols.

3.3.3 La Gestion Contractualisée des Forêts

Contrairement à la GELOSE qui s'applique à l'ensemble des ressources naturelles renouvelables, la gestion contractualisée des forêts (GCF) est un mode de transfert de gestion des forêts aux COBA en vue d'une gestion locale durable et sécurisée des ressources forestières. D'autre part, le contrat GCF est conclu uniquement entre l'Administration forestière et la COBA demanderesse. Il s'agit par conséquent d'une procédure simplifiée qui ne comporte ni intervention d'un médiateur environnemental ni opération SFR. La GCF est règlementée par le décret N°2001-122.

Le contrat GCF comporte trois éléments: i) la gestion des droits d'usage exercés individuellement ou collectivement; ii) la valorisation économique des ressources forestières; iii) la protection de la forêt. Dans l'exercice de leurs droits d'usage, les COBA peuvent procéder à la collecte des produits forestiers secondaires et satisfaire leurs besoins domestiques. Cependant, il leur est interdit de vendre à titre professionnel les produits ainsi collectés.

L'exploitation de la potentialité économique de la forêt peut être effectuée en régie directe par la COBA ou par sous-traitance à des professionnels forestiers agréés, conformément à un plan d'aménagement fixant notamment: i) le volume annuel de prélèvement



en fonction de la superficie exploitable et du volume maximal de ressources forestières exploitables annuellement; ii) le zonage d'unité d'aménagement; iii) le mode de traitement. En outre, l'exploitation ne doit pas porter atteinte à la capacité productive ou reproductive de la forêt et à la biodiversité.

Les litiges éventuels dans la mise en œuvre du cahier des charges sont soumis à l'arbitrage du président du Conseil de la commune en vue d'une réconciliation à l'amiable des parties. En cas d'échec, le litige est soumis à la juridiction compétente.

3.4 La Gestion Communautaire et les Aires Protégées

3.4.1 Le Système d'Aires Protégées de Madagascar (SAPM)

Suivant la définition de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), une aire protégée est un territoire ou zone marine et/ou côtière consacrée particulièrement à la protection et au maintien de la diversité biologique (écosystèmes, espèces, variabilité génétique) ainsi que des ressources naturelles associées, et gérée par des moyens efficaces, juridiques ou autres. Si les aires protégées ont existé depuis la période coloniale à Madagascar, elles sont devenues une des approches capitales de préservation de la biodiversité. La nouvelle refonte du code de gestion des aires protégées (janvier 2015) révèle l'importance attribuée par l'État à ces zones de conservation, notamment en étant beaucoup plus sévères dans les sanctions sur les infractions.

Le Système des Aires Protégées de Madagascar (SAPM) vise à organiser les Aires Protégées selon un mode cohérent et multiforme, autour de principes, d'objectifs, de statuts, d'acteurs de mécanismes clairs de conservation et de gestion durable. Il regroupe à la fois les aires protégées gérées par Madagascar National Parks ainsi que les nouvelles aires protégées résultantes de la vision Durban², avec des catégories de gestion et de gouvernance conformes à la classification de l'UICN.

² Déclaration du président malgache Ravalomanana d'augmenter de trois fois la superficie des aires protégées à Madagascar lors du congrès mondial des parcs à Durban en 2003.

Depuis mai 2015, 94 nouvelles aires protégées viennent d'obtenir leur statut définitif d'aires protégées après un long processus de création. Parmi les nouveautés dans le système des aires protégées de Madagascar est l'introduction, ou plutôt la reconnaissance des modes de gouvernance partagée, notamment avec les communautés locales.

3.4.2 La Gouvernance Communautaire du SAPM

Les Aires Protégées Communautaires (APC) constituent l'un des quatre types de gouvernance dans le SAPM. Dans les APC, l'autorité de décision et la responsabilité sont détenues par des communautés locales à travers une variété de formes de gouvernance faisant appel à des organisations et des règles coutumières. A cet effet, les communautés locales s'érigent en ONG et fonctionnent sur la base de statuts et d'un règlement intérieur pour la gestion de leurs ressources.

L'utilisation durable des ressources naturelles renouvelables à travers l'exercice du droit d'usage traditionnel, d'activités qui apportent des bénéfices directs aux communautés locales, telles que l'exploitation des produits forestiers, la pêche traditionnelle, la recherche et le tourisme, est compatible avec les six catégories d'aires protégées. Toutefois, cette utilisation durable est subordonnée à l'observation des prescriptions ci-après:

- Elle doit être compatible avec les objectifs fondamentaux du SAPM et avec les objectifs spécifiques de l'aire concernée;
- Elle doit se faire dans le cadre d'un plan d'aménagement et d'un cahier des charges approuvés par les autorités compétentes; et
- Selon une évaluation des stocks et une étude d'impacts environnementaux.

Les sites sous contrat de transfert de gestion des ressources naturelles du type GELOSE ou GCF peuvent être éligibles en tant qu'aire protégée, à condition que le plan d'aménagement et le cahier des charges liés au contrat de transfert de gestion soient compatibles avec les objectifs de gestion d'une aire protégée et aux conditions d'utilisation durable des ressources naturelles renouvelables dans les aires protégées.



Tableau 3. Définition des différentes catégories d'Aires Protégées

CATÉGORIES	OBJECTIFS DE GESTION	PARTICULARITÉS
I. Réserve Naturelle Intégrale (Tahirin-javaboary)	Préserver la nature sauvage ou l'étude scientifique en fonction des spécificités et selon la coutume	Aire protégée stricte dépourvue d'habitation humaine Utilisation des ressources naturelles interdites
II. Parc National ou Parc Naturel (Valan-javaboary)	Protéger les écosystèmes à des fins récréatives	Approche de gestion conservant la totalité des écosystèmes ou des fonctions importantes des écosystèmes
III. Monument Naturel (Tahirim-Bakoka Voajanahary)	Préserver les éléments naturels spécifiques (Aire contenant des valeurs culturelles associées à la biodiversité)	Centré autour d'un élément naturel ou culturel remarquable
IV. Réserve Spéciale (Tahirin-Javaboary)	Conserver les habitats et les espèces	Nécessité d'une gestion régulière pour maintenir les valeurs importantes de la biodiversité La superficie est moins importante que la catégorie II
V. Paysage Harmonieux Protégé (Tontolo Mirindra Voaaro)	Assurer la conservation des paysages terrestres ou marins à des fins récréatives	Paysage culturel existant, comprenant des valeurs importantes de biodiversité qui dépendent des approches de gestion en cours
VI. Réserve des Ressources Naturelles (Tahirin-karena Voajanahary)	Assurer l'utilisation durable des écosystèmes naturels	A ce titre le 1/3 au plus de sa superficie totale est affecté à des activités d'utilisation durable des ressources naturelles

4. OBJECTIFS DE LA GESTION COMMUNAUTAIRE DES RESSOURCES NATURELLES À MADAGASCAR

L'historique de la gestion communautaire à Madagascar a démontré combien l'utilisation des ressources naturelles dépend largement de l'accès aux terres des communautés locales. Il y a trois objectifs majeurs de la gestion communautaire des ressources naturelles: conserver l'intégrité écologique, concilier la légalité et la légitimité d'accès aux ressources, responsabiliser les acteurs locaux. La mise en œuvre de la gestion communautaire permet également d'accompagner et d'orienter les dynamiques foncières au niveau des villages. Ils ne constituent pas impérativement des étapes consécutives mais des étapes complémentaires.

4.1 Conserver l'Intégrité Écologique

L'intégrité écologique est l'état d'un écosystème jugé

caractéristique de la région naturelle dont il fait partie, plus précisément pour la composition et l'abondance des espèces indigènes et des communautés biologiques ainsi que des changements et le maintien de processus écologique. En d'autres termes, les écosystèmes sont intègres lorsque leurs composantes indigènes (plantes, animaux, autres organismes) et leur processus (tels que la croissance et la reproduction) sont intacts (Fischesser et Tate 2007).

La stratégie basée sur la préservation de l'intégrité écologique cherche à réduire ou à éliminer les menaces pesant sur les ressources naturelles et le patrimoine biologique. Les programmes de conservation associés à la conservation de la biodiversité tel que le NODE³ ont permis de développer des approches de « convention communautaire de gestion »

³ Programme financé par le Fonds CEFP géré par Conservation International



(Conservation International–Madagascar 2013). Par exemple, la rivière Nosivolo de 130 km (Marolambo, est de Madagascar), site Ramsar depuis 2006 et aire protégée depuis 2009, abrite 19 espèces d'ichtyofaune dont trois sont endémiques. Les brûlis de forêt pour l'agriculture ont affecté la qualité de l'eau de la rivière, et par conséquent ont menacé la survie des espèces endémiques. Pour sauvegarder cette ichtyofaune, 138 projets de développement dans le cadre du programme NODE ont mobilisé 42 villages de Nosivolo. Ces microréalizations d'activités génératrices de revenu unissent les communautés villageoises aux divers techniciens, autorités de services et spécialistes locaux. Des techniques culturelles antiérosives et de la pêche réglementaire y sont vulgarisées.

Cette stratégie de « conserver l'intégrité de l'écosystème » entretient les services écosystémiques pour un pays comme Madagascar où la biodiversité est unique mais fragile tout en étant un patrimoine culturel du pays. Cependant dans de nombreux cas à Madagascar, le retour vers cet état originel est utopique et la gestion communautaire devrait plutôt apporter une adaptation à la situation existante tout en essayant de sauvegarder au mieux la biodiversité et les écosystèmes (Reibelt et Nowak 2015).

4.2 Concilier la Légalité et la Légitimité pour l'Accès aux Ressources Naturelles

La gestion des ressources naturelles est étroitement liée aux modes d'accès à la terre et aux ressources. L'accès des communautés locales aux ressources de l'écosystème de leur terroir ancestral a toujours été compris comme faisant partie de leur droit traditionnel. Légitime, reconnu par l'histoire vécue, il est encore respecté et les règles coutumières (tabou ou *fady*, convention locale ou *dina*) sont pratiquées. Une prière au Créateur suivie d'un sacrifice de zébu, des rituels de *joro* en donnent la légitimité et la légalité traditionnelles et symbolisent l'union des membres de la communauté. Dans d'autres sociétés, l'appropriation coutumière des terres se fait par la mise en valeur directe d'un espace conquis par les brûlis parfois ritualisés par le *joro* également.

La reconnaissance est formalisée par l'approbation du Conseil Communal, la dérogation du Tribunal ou

le transfert de gestion. Le transfert de gestion des ressources naturelles aux communautés locales s'est largement généralisé à Madagascar au milieu des années 90. Il se réalise avec la reconnaissance de la Commune et le contrat avec le chef de la circonscription régionale des Forêts sur les droits de gestion des communautés. Cependant, l'approche a rencontré de nombreux problèmes pour en assurer la durabilité. D'une part, la faiblesse de l'appui organisationnel, technique, matériel et financier, ainsi que la lourdeur administrative ont handicapé les communautés locales de base à mettre en œuvre des actions durables. D'autre part, le processus de mise en place des transferts de gestion à Madagascar révèle souvent des contradictions entre les dimensions écologiques, économiques et sociales tant escomptées (Blanc–Pamard et Ramiarantsoa 2010), surtout à l'échelle du village.

4.3 Responsabiliser les Acteurs Locaux à la Gestion des Ressources Naturelles

La décentralisation actuelle reconnaît aux COBA le statut de gestionnaires des ressources naturelles transférées ou encore les aires protégées qui leur sont déléguées. Les villages riverains des sites transférés ont le droit d'accès et de jouissance des ressources naturelles conformément aux clauses du contrat de transfert de gestion. En retour, ils doivent développer et mettre en œuvre des plans d'aménagement et de gestion simplifiés (PAGS) comprenant un zonage de leur territoire de conservation et les modes d'utilisation des sols et des ressources naturelles. Dans le Corridor Forestier de Fandriana Vondrozo et d'Ankeniheny Zahamena (Centre Est de Madagascar) a pu y dynamiser 105 COBA pour 150.000 ha de transferts de gestion.

5. EXEMPLES DE CAS DE GCRN

Les exemples suivants nous permettent d'apprécier la diversité de la gestion communautaire des ressources naturelles. Ces cas sont choisis en fonction de l'originalité des sites de conservation. Il apparaît aussi intéressant de les étudier selon leur localisation géographique (Haut Plateau, Ouest, Est) et les écosystèmes et les types de gestion (GELOSE, Associations, GCF).



ENCADRÉ 1: LA MISE EN PLACE DU RÉSEAU DES AIRES MARINES GÉRÉES LOCALEMENT (AMGL) À MADAGASCAR

La mise en place des aires marines gérées localement (AMGL ou LMMA, “locally managed marine areas”) au niveau mondial vise à faire face au déclin des pêcheries traditionnelles, au profit d’une approche beaucoup moins top-down. Ces AMGL permettent aux communautés locales de prendre en main la gestion durable de leurs pratiques halieutiques en établissant les régulations locales et en recherchant ensemble les moyens pour améliorer leurs revenus de la pêche. L’approche AMGL place les membres de la communautés comme les principaux preneurs de décision, en s’assurant qu’ils soient responsables de leurs décisions et des actions qu’ils prennent, et qu’ils soient aussi en conséquence les premiers bénéficiaires des retombées positives.

À Madagascar, ces aires marines gérées localement sont actuellement mises en place sur des échelles considérables, certaines jusqu’à 1.000 km² d’océan, avec plus de 30 initiatives communautaires établies à Madagascar, seulement dans la dernière décennie. Avec des pratiques différentes selon les situations de gestion/valorisation des ressources naturelles, ces AMGL opéraient de façon assez isolées, sans communication entre elles ni échanges d’expériences jusqu’à récemment.

Le premier forum national sur les AMGL à Madagascar s’est tenu en juin 2012 dans le village d’Andavadoaka, dans le sud de Madagascar grâce aux appuis d’ONG internationales tels que Blue Ventures Madagascar, le Wildlife Conservation Society et World Wildlife Fund. Le forum a rassemblé 55 représentants de communautés provenant de 18 AMGL différentes de Madagascar, représentant un total de 134 villages. Un des resultants de ce forum fut la création d’un réseau national d’AMGL, dénommé MIHARI, un acronyme malgache qui se traduit par ‘gestion locale des ressources marines’. Ce réseau naissant MIHARI est un réseau informel qui s’inspire du succès de son homologue dans la région Indo-Pacifique. MIHARI a pour objectif de faciliter l’enseignement entre pairs au sein des communautés côtières, d’augmenter la communication, d’accroître la visibilité, d’encourager et de faciliter le recours à l’approche AMGL et de servir de plateforme commune de lobby dans l’intérêt des pêcheurs traditionnels de Madagascar.

La création de MIHARI représente un développement conséquent en vue de l’unification des approches communautaires pour la conservation à Madagascar, et met en lumière le rôle important que jouent les AMGL dans le domaine de la conservation marine à l’échelle nationale. Cela a une importance primordiale à Madagascar, un pays où les ressources en termes de capital et de compétences sont insuffisantes pour la supervision d’initiatives de conservation marine à grande échelle ; une problématique elle-même exacerbée par l’étendue des zones côtières et l’isolation géographique de nombreuses communautés de pêcheurs. Le nouveau réseau d’AMGL de Madagascar fait figure de chef de file pour la conservation communautaire dans l’océan Indien et compte bien servir de socle pour un réseau AMGL régional. Actuellement, près d’une soixantaine de AMGL ont été répertoriées à Madagascar couvrant 11% des mers du pays.

Mayol, T.L. (2013) Madagascar’s nascent locally managed marine area network, Madagascar Conservation and Development, vol. 8, n.2 Accessible au <http://journalmcd.com/index.php/mcd/article/view/mcd.v8i2.8>

Anonyme (2014) Aire marine gérée localement: Plus efficace http://www.cci.mg/index.php?p=journaux&id=10&id_det=7247

Trois cas nationaux du GCRN sont ainsi sélectionnés:

1. La gestion communautaire de la forêt sclérophylle de tapia d’Arivonimamo présente un cas intéressant de valorisation économique d’une espèce endémique;
2. Gestion des espèces menacées de la forêt sèche de Menabe Antimena à l’Ouest de Madagascar; et
3. Gestion d’un écosystème lacustre: d’Alaotra

5.1 Gestion Communautaire d’un Écosystème: La Forêt de Tapia d’Arivonimamo

Dans les hautes terres centrales de Madagascar, les forêts naturelles sont rares et la forêt de tapia (*Uapaca bojeri*) dans la région d’Arivonimamo constitue un des vestiges des forêts des hautes terres notamment grâce à sa résistance au feu et aux bénéfices multiples tirés de la forêt. Le bois de tapia est couramment utilisé en bois d’énergie (bois de chauffe, charbon de bois) pour



les communautés locales. Le tapia produit en grandes quantités un fruit juteux. La forêt abrite aussi des champignons comestibles notamment des *Cantharellus* spp. et des *Russula* spp., deux genres ectomycorhiziens. La forêt de tapia héberge également le ver à soie sauvage *Borocera madagascariensis*, endémique des Hauts Plateaux. Le tissage de la soie fournie par cette espèce sauvage constitue des activités génératrices de revenu très rémunératrices pour les femmes. La valorisation de l'écosystème « tapia » sur le plan culturel et économique permet aux communautés villageoises de tirer des profits de sa gestion. Le tissage de la soie naturelle en conservant l'authenticité et l'originalité de la soie provient du ver à soie sauvage (*landibe*). Pour les Malgaches, le linceul produit avec le *landibe* fournit un grand honneur social pour celui qui le porte comme écharpe (*lamba*) en tenue de cérémonie ou pour envelopper respectueusement les morts. Ce tissu est recherché sur le marché par toute la population des Hauts Plateaux notamment par les ethnies Sihanaka, les Merina et les Betsileo. La soie sauvage fournit aussi des produits artisanaux d'exportation de valeur.

De ces faits, la forte dépendance des communautés riveraines de la forêt a engendré des pressions et des menaces sur l'écosystème en question. Les forêts de Tapia sont un bon exemple du défi de maintenir le couvert forestier face aux fortes pressions anthropiques. Des études ont montré la perte dans certaines zones avec une certaine stabilité dynamique dans d'autres. (Rakotondrasoa et al. 2012; Kull 2002). Face à la pression continue sur les ressources entraînant souvent leur dégradation, les stratégies politiques forestières malgaches cherchent à proposer un aménagement multifonctionnel des espaces forestiers notamment avec la participation des communautés locales. Bien que les forêts de tapia soient depuis longtemps officiellement déclarées comme propriété de l'État, l'apparition de la loi GELOSE en 1996, ainsi que du décret GCF en 2001 ont permis de transférer la gestion aux communautés locales de base.

En 2009, 19 COBA géraient 2.200 ha sur les 2.500 ha existants de la forêt de tapia, avec l'appui d'une ONG nationale Service d'Appui à la Gestion de l'Environnement (SAGE). Les COBA sont organisées en trois unions réglementées sous forme d'associations de tisserands

avec leurs noms respectifs: Vatsy (providence), Tanjona (objectif), Fanilo (flambeau) et les deux coopératives dénommées Fivoarana (développement) et Taratra (modèles) entretiennent l'aspiration collective de gérer ensemble un écosystème spécifique au niveau de la région d'Arivonimamo. Ces organisations contribuent au développement de l'économie locale grâce à la production et la commercialisation artisanale de tissu en soie malgache.

Le SAGE y joue le rôle d'organisme d'appui et de partenaire sur tous les plans. Le SAGE entretient l'articulation entre les trois entités « COBA – Union – Coopératives » pour valoriser le ver à soie, en apportant des avantages économiques (artisanat féminin de tissage de soie sauvage) et culturels (*lamba* et linceul) de la forêt de tapia d'Arivonimamo. Il supervise la gestion communautaire et la dynamique du développement local et les pérennise. Il appuie et coordonne la coopération entre les différents acteurs. Il y entretient l'implication effective des différents acteurs du transfert de gestion tels les services techniques, la commune et les autres entités concernées.

5.2 Gestion Communautaire des Espèces: Cas du Menabe Antimena

Le complexe de forêt de la Nouvelle Aire Protégée (NAP) de Menabe Antimena, à l'Ouest de Madagascar présente un cas de conservation communautaire pour la conservation d'espèces animales menacées.

La NAP du Menabe Antimena héberge des espèces animales qui ne se rencontrent que dans cette région seulement, tels les: *vositse* (*Hypogeomys antimena*), *kapibolo* (*Pyxis planicauda*), *bokiboky* (*Mongotictis dicemlineata*) et *tilitilivahy* (*Microcebus berthae*). Certaines espèces endémiques de la côte occidentale malgache y existent et y sont aussi représentées comme les espèces menacées: *mireha* (*Anas bernieri*), *rere* (*Erymnochelis madagascariensis*). D'autres espèces menacées existent aussi dans les divers écosystèmes de la NAP Menabe Antimena. Le *masoanjoany* (*Enterospermum madagascariensis* ou *Santalina madagascariensis*) et le *hazomalany* (*Casearia nigrescens*) sont des essences de première catégorie et sont classées parmi les espèces végétales protégées. Le



masonjoany a une valeur à la fois culturelle et esthétique régionale. Les femmes Sakalava l'utilisent pour en faire un masque de beauté et pour se protéger des coups de soleil. Actuellement, le *masonjoany* est exploité à des fins commerciales par des laboratoires pharmaceutiques nationaux.

Les ressources naturelles de la forêt sèche de la NAP de Menabe Antimena fournissent du bois d'énergie et du bois d'œuvre utilisé pour la sculpture artisanale traditionnelle. Des motifs locaux sont en exposition et en vente dans la boutique de ce village. Les produits forestiers sont également utilisés pour la construction des cases, des cercueils, des pirogues, des clôtures de champs. La collecte des plantes aquatiques du lac Bedo fournit des matières premières pour le tressage de paniers et de nattes vendus sur le marché local ou régional. En plus le lac Bedo permet la pratique de la pêche commerciale du tilapia qui est reconnu par sa saveur.

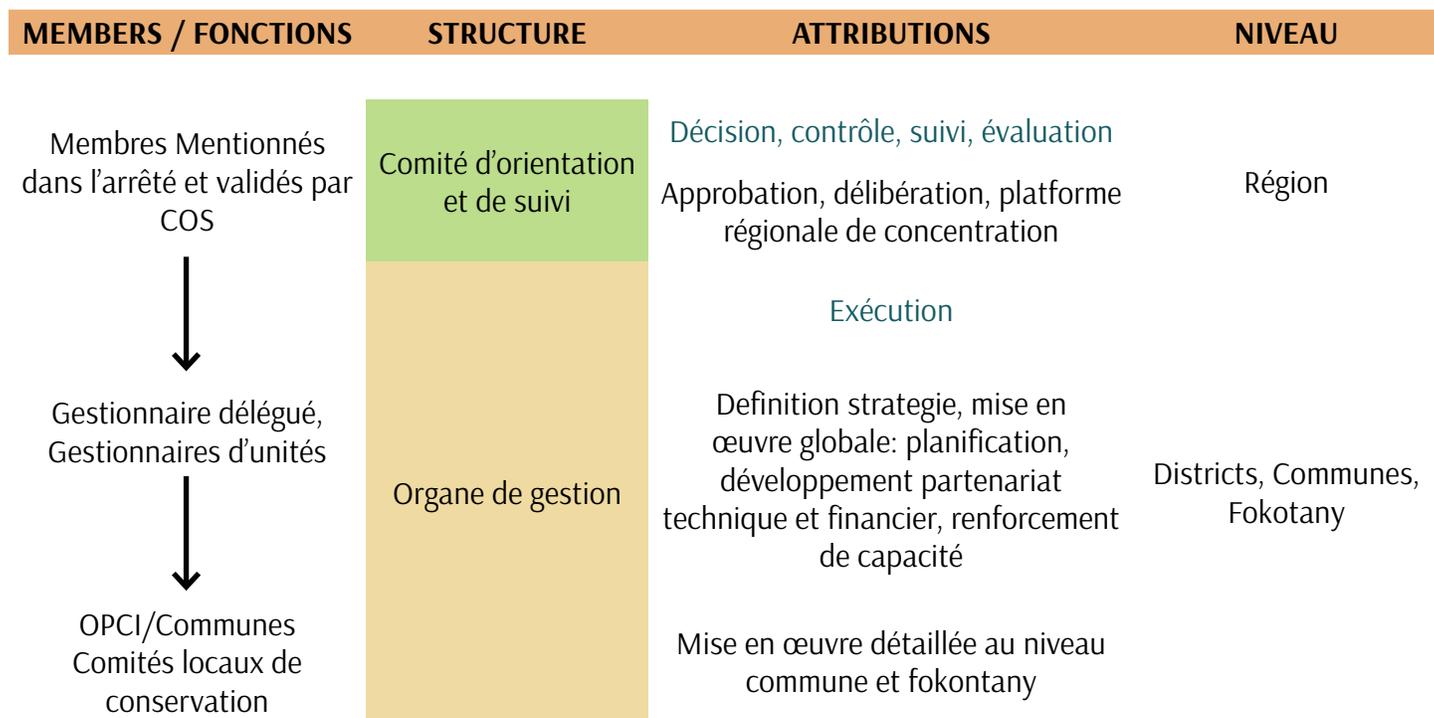
A part les produits forestiers, les diverses plantes aquatiques sont aussi exploitées par les villageois pour leur subsistance. Le *vondro* (*commiphora* sp), plante des marais du lac Bedo et des rivières de Mandroatsy est

largement utilisé pour le toit des cases traditionnelles et pour le tressage des paniers et des nattes. Les mangroves fournissent des crabes et des crevettes aux villageois riverains. Les ristournes des produits de la pêche traditionnelle littorale intéressent les cinq communes (Aboalimena, Belo, Tsimafana, Beroboka et Bemanonga) occupées par ces mangroves.

L'accès des villageois dans la forêt sèche et la mangrove, au droit d'usage traditionnel et à la jouissance des ressources naturelles, est réglementé par la convention locale (*dina*) définie dans le cahier des charges. L'application du *dina* se fait par le conseil du COBA dirigé par son président. Ce conseil peut être élargi, selon les cas, par le recours d'un/des notables lignagers lors des difficultés de relations sociales entre les différents groupes qui constituent la communauté. Les différents niveaux d'intervention pour l'application du *dina* sont le Chef Fokontany et/ou le Maire. Par contre, le Chef Cantonnement des Eaux et Forêts est obligatoire pour les cas qui dépassent le droit d'usage ou qui, en général, touchent le domaine légal.

Dans la plupart des communes, des associations se sont érigées pour réglementer l'exploitation d'une ou

Figure 1. Structure de gestion de l'aire protégée





plusieurs ressources. Par exemple, 11 villages riverains du lac Bedo se sont regroupés en association pour organiser l'exploitation rationnelle du vandro plante des marais. Cinq communes se sont également associées pour réglementer la pêche traditionnelle dans la zone des mangroves.

L'objectif de durabilité que ces espèces et écosystèmes nécessite a poussé l'émergence de formes de gestion communautaire à la base. La création de la NAP Menabe Antimena permet une reconnaissance officielle et nationale de l'importance de la zone du point de vue biologique, mais aussi économique et culturelle pour la population locale. Plusieurs institutions travaillent dans la région pour la conservation de la biodiversité et aussi pour appuyer les communautés locales de base. Durant le processus de création de l'aire protégée, l'ONG malgache Fanamby s'est chargé, et continue de le faire, de mobiliser les différentes parties prenantes des administrés aux autorités régionales en passant par les services et autorités décentralisés (PAG Menabe 2014). Fanamby est actuellement le gestionnaire délégué de la NAP de Menabe Antimena. Il est responsable de la gouvernance et la gestion de l'aire protégée, en travaillant étroitement avec les communautés locales organisées sous forme de COBA ou non. L'ONG britannique Durrell Wildlife Conservation Trust apporte également son appui en travaillant avec dix COBA en contrat GCF pour la conservation des espèces animales endémiques et menacées. Les zones de conservation strictes pour la biodiversité (ZCSB) de ces COBA sont réorganisées ainsi: elles sont continues entre elles (non fragmentées), non isolées au milieu de chaque GCF et toujours adjacentes au grand bloc du Menabe Central.

Les différentes consultations ont permis de choisir la catégorie V de gouvernance de la NAP de Menabe Antimena. En effet, cette catégorie permet l'existence de mode traditionnel de l'espace et de l'organisation sociale. Ce mode de gouvernance partagée vise à maintenir une relation harmonieuse de la nature et de la culture, en permettant des activités économiques. Le plan d'aménagement et de gestion de l'aire protégée (PAG Menabe 2014) décrit la structure de gestion ainsi que les relations de pouvoir entre les différentes entités.

Le Comité d'Orientation et de Suivi (COS) est établi

pour défendre et soutenir les enjeux et intérêts de l'aire protégée. C'est l'organe qui conseille le gestionnaire sur les grandes orientations de l'aire protégée. Il est composé des différentes parties prenantes aussi bien de l'administration, des partenaires techniques, des collectivités. Le gestionnaire délégué représente l'aire protégée au niveau local, national et international. Il coordonne toutes les interventions sur l'aire protégée. Les gestionnaires d'unité, que ce soit un organe gouvernemental, une PNG ou les communautés locales, ont pour responsabilité de mettre en œuvre les plans d'aménagements dans leurs unités. En tant qu'aire protégée de catégorie V, la place des communautés locales est centrale.

5.3 Gestion communautaire en zone humide: cas d'Alaotra (Est)

Le lac Alaotra est devenu une Nouvelle Aire Protégée depuis le 17 janvier 2007. Il occupe une superficie de 43.000 ha environ dont 20.000 ha de plan d'eau et 23.000 ha de marais. Il se trouve dans la Région d'Alaotra-Mangoro du versant oriental de Madagascar. Il appartient au noyau central du Site Ramsar Alaotra depuis 9 Septembre 2003. On y rencontre trois types de gestion communautaire des ressources naturelles:

- i. La GELOSE des *zetra* (marais) dégradés se trouvant dans la partie nord du lac;
- ii. Le GCF des *zetra* en bon état pour la conservation biologique; et
- iii. La Fédération des associations de pêcheurs pour la commercialisation sur l'ensemble de la NAP (lac et marais).

La région du lac Alaotra est fortement connue pour sa production rizicole, étant le grenier à riz de Madagascar. Les vastes rizières couvrent les bordures du lacs, dans les zones de marais (appelés localement *zetra*) défrichées. Les *zetra* constituent une réserve naturelle pour la pharmacopée traditionnelle de la région, surtout pour l'ethnie Sihanaka: le *tamboloana* (*Polygonum senegalense*) est bouilli pour le bain des femmes faisant le repos de maternité (*mifàna*); le *tsihifotsy* (natte blanche en papyrus finement tressée) est utilisé pour transporter et déposer le corps du mort sur le lit tombal. La pêche traditionnelle dans le lac est également importante. L'élevage bovin extensif est pratiqué sur les collines aux

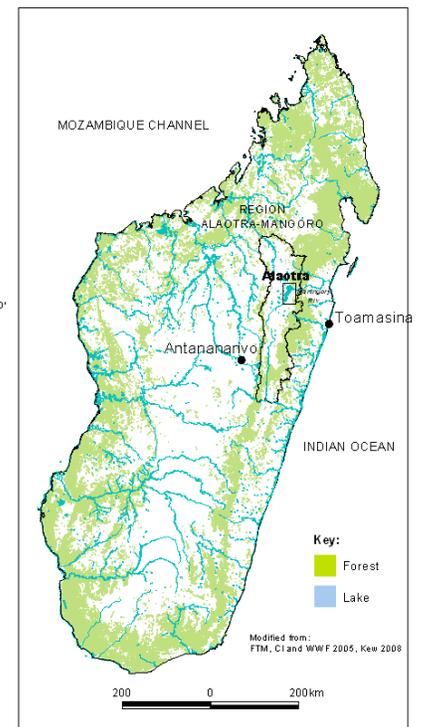
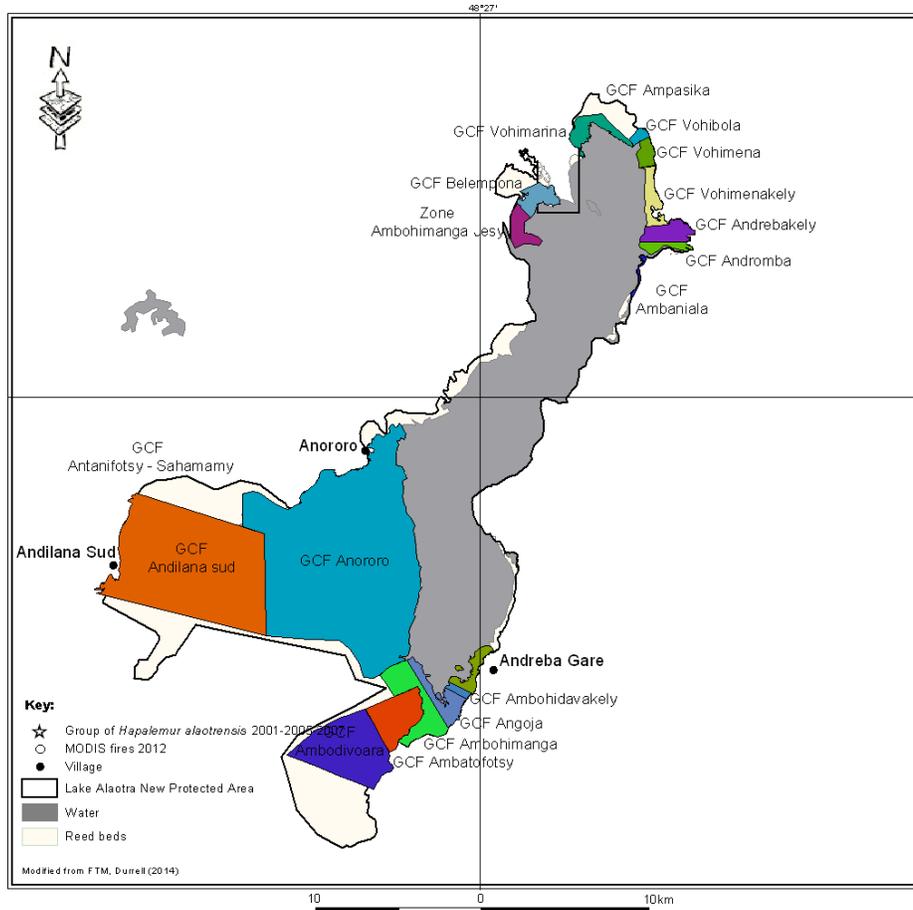


alentours du lac. L'importance agro-économique de la zone a attiré une forte migration. Entre 110.000 habitants autour du lac dans les années 60 à 550.000 en 2010, c'est l'une des régions les plus attractives de Madagascar (Rendigs et al. 2015). Cette zone lacustre subit donc de nombreuses pressions d'origine anthropique. Le lac connaît des problèmes de jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*), qui est une plante très invasive et qui cause la détérioration de stock de poisson et de la diversité écologique. La réduction des zones de marais pour l'agriculture a entraîné la disparition progressive des zones humides palustres. Or ces marais constituent l'habitat d'espèces endémiques tels que le mangouste Durrell (*Salanoia durrelli*) et le lémurien des marais (*Haplemur griseus*) appelé localement *Bandro*, qui est listé par IUCN comme « vulnérable » (Andriaholinirina et al. 2014), mais qui est considéré par nombreux primatologues comme en danger critique d'extinction (J. Ratsimbazafy, communication personnelle).

Depuis une vingtaine d'années, le *Bandro* est devenu l'espèce phare de la zone pour créer une prise de conscience sur la détérioration des marais de cet écosystème lacustre. En effet à Madagascar, les attentions se portent généralement sur les forêts et les zones humides reçoivent beaucoup moins d'attention. Les ONG nationales, internationales et les communautés de pêcheurs se sont jointes pour favoriser une approche de gestion communautaire de la zone humide avec la valorisation du *Bandro* et du *zetra*. Les communautés de pêcheurs se sont jointes à ces initiatives de conservation. A l'instar des contrats GELOSE, ces GCF de *zetra* suivent les règles de zonage et des cahiers de charge avec des plans d'aménagement et de gestion mettant en exergue le développement social, culturel et économique des villages concernés. Chaque *zetra* se subdivise en trois grandes zones: i) le « noyau dur » englobant l'habitat de la biodiversité ayant le *Bandro* ii) la zone de pêche et iii) la zone de droit d'usage et de collecte des produits pour l'artisanat à des fins commerciales.

Figure 2. Transferts de gestion dans la nouvelle aire protégée d'Alaotra (source: Durrell Wildlife Madagascar Programme)

MANAGEMENT TRANSFERS WITHIN LAKE ALAOTRA NEW PROTECTED AREA





Dix transferts de gestion ont été établis avec les villages autour du lac. Ils se spécialisent pour l'artisanat du tressage d'art en vue de la commercialisation. Les femmes artisanes soutenues ont été les premières à être motivées pour procéder à la GELOSE pour l'utilisation durable des ressources palustres fournissant les matières premières nécessaires à leurs activités artisanales. En effet, elles se rendaient compte de la diminution des tailles des roseaux de marais qu'elles utilisaient pour la vannerie, et la production de nasses.

Ces initiatives locales ont contribué à la classification de l'Alaotra en site Ramsar en 2003 et en Nouvelle Aire Protégée en 2007, organisée en zones de frai et en zones de pêche réglementée. Les dix zones de frai correspondent à des zones de conservation stricte et une fermeture continue. Par contre, dans les zones de pêche réglementée, la fermeture temporelle se déroule, durant la saison de ponte, de mi-novembre à mi-janvier. La collaboration avec les associations de pêcheurs a permis de réglementer la pêche traditionnelle. La taille de vide de maille minimum est de quatre centimètres qui correspond à celle du poisson mesurant treize centimètres.

ZAHAVAKO (Zetra Aina sy Haren'Andilana Andrebakely Vohimena, Amboavory Kôminina) est une fédération des COBA du Nord de conservation de *zetra* dégradé voulant restaurer leur marais pour la gestion durable de l'utilisation des ressources naturelles.

FIASA (Fiombonan'Ambatosoratra, Ambohitsilaozana-Station, Ambandrika) rassemble les COBA de conservation de *zetra* en bon état de la zone orientale d'Alaotra.

ZETRAVOLA (Zetran'Amparafaravola) regroupe les COBA gérant des marais en bon état et de grande taille pour la sauvegarde de la biodiversité et l'utilisation durable des ressources naturelles palustres.

Cependant, les pressions restent encore très importantes, et la situation des zones humides et par conséquent du lac reste préoccupante. Les situations économiques des habitants de la zone restent précaires malgré la riziculture et la pêche, ce qui importe de considérer pour la durabilité de la NAP Alaotra (Copsey et al. 2009). La

complexité de la gestion du système socio-économique et politique ayant des enjeux économiques importants rend la conservation du *Bandro* et des marais difficile. En dépit des décennies d'intervention d'ONG et de COBAS, il n'existe pas aujourd'hui dans l'Alaotra un véritable modèle de succès qui puisse être repris à large échelle, rendant les résultats très mitigés (Rendigs et al. 2015). La population locale a encore besoin d'être impliquée davantage depuis l'élaboration jusqu'à la mise en œuvre des projets de conservation. De même, il est crucial que la gestion communautaire puisse considérer les enjeux économiques particuliers propres à la zone.

6. DÉFIS DE LA GCRN

La gestion communautaire des ressources naturelles a longtemps donné l'image ou l'espoir d'une gestion durable en harmonie avec les besoins des communautés locales. Il s'avère aujourd'hui que les résultats sont mitigés, notamment si on regarde le cas de Madagascar. Les interrogations sur la GCRN se portent vers la véritable implication des communautés, si elle est un outil de conservation efficace, si elle procure des avantages nets pour la population. La mise en œuvre de la GCRN a créé des débats sur la coordination des intérêts et des enjeux des différents échelons de décision.

6.1 Des Communautés Locales Comme Preneurs de Décision

La mise en place d'un cadre formel dans lequel s'inscrivent les normes reconnues et respectées est essentielle. Dans les sociétés coutumières, ces normes s'énoncent sous forme d'obligations devenues des pratiques habituelles selon des règles traditionnelles et des tabous. Pour la société moderne actuelle, ces normes se présentent sous forme de règles légales. Selon la loi sur la Gelose, les prescriptions des *dina* « doivent être conformes aux dispositions constitutionnelles, législatives et réglementaires en vigueur ainsi qu'aux usages reconnus et non contestés dans la commune de rattachement » (Art. 50 de la loi 96-025). La plus grande difficulté est d'allier ces deux règles surtout si elles se contredisent. Les concertations multilatérales ont permis d'éviter, sinon de réduire, les contradictions au niveau des différents échelons de décision. Généralement, ces contradictions



ont pour source une incohérence des rôles et devoirs de chaque entité, ainsi que les intérêts parfois divergents des différents acteurs. Pour les communautés villageoises, les réglementations doivent prendre en considération leurs besoins quotidiens. Pour l'administration, l'objectif est d'établir un certain ordre et d'être à la disposition de la population locale. Malheureusement, dans certains cas, des responsables exploitent l'analphabétisme des villageois et des *fokonolona*. Pour les exploitants, l'important est de faire le maximum de bénéfices parfois aux dépens de la population locale.

La place et les rôles attribués aux communautés locales ont également suscité de nombreuses interrogations. Certes, ces communautés sont centrales pour la durabilité des ressources naturelles mais on peut se demander si elles tiennent réellement – ou peuvent réellement détenir – les pouvoirs discrétionnaires sur leurs ressources et leurs terroirs. La prise en compte de plus en plus grande des savoirs locaux permet de mieux apprécier leurs capacités à maintenir l'équilibre écologique, la conservation de la biodiversité et la sauvegarde des espèces menacées. Les pratiques discriminatoires héritées des périodes de gestion centralisée ont souvent amené à considérer ces populations locales comme la source des délits et infractions commises sur l'environnement. Par conséquent, leur place dans la gestion durable des ressources naturelles se situe souvent comme les cibles des répressions et les récipiendaires des formations. La gestion communautaire vise un partage beaucoup plus équitable des responsabilités en intégrant les communautés dans le processus de prise de décision et dans les activités (aussi bien de gestion, de suivi et de contrôle que de partage de coûts et bénéfices). Cependant, cette responsabilisation reste partielle dans beaucoup de cas. Par exemple, la plupart des associations de conservation communautaire ne participent pas à l'élaboration de la stratégie de gestion des habitats dès lors qu'on dépasse le cadre du terroir villageois alors que les décisions qui en découlent ont un impact sur leur mode de production et leur vie en général. Par contre, elles sont directement affectées par les décisions prises par les autres entités.

De nombreux facteurs contribuent à cette situation de dépendance et d'écartement. En premier lieu,

l'insuffisance de capital humain, physique et financier des sociétés rurales pénalise ces communautés dans les processus de prise de décision (Fabricius et Collins 2007). Très peu de personnes, voire aucune dans certains villages éloignés, ont un niveau d'éducation assez élevé pour élaborer des stratégies ou des business plans et les soutenir devant. Brooks et al. (2013) estiment que la condition première pour une GCRN efficace est le renforcement des capacités des communautés locales. L'éloignement physique et l'insuffisance d'infrastructures et des moyens de communication les éloigne des centres de décision. Une amélioration de la mobilité des représentants des communautés locales pourrait les introduire davantage dans les cercles de discussions sur la GCRN. L'insuffisance de moyens pour s'engager dans des projets de développement est caractéristique de presque toutes les communautés villageoises à Madagascar, les empêchant d'avoir une certaine indépendance vis-à-vis de l'extérieur. Enfin, le faible niveau et la faible qualité de la décentralisation (Ribot 2004) empêche un réel octroi du pouvoir discrétionnaire aux *fokonolona*.

Au vu de ces conditions, on pourra se demander quel niveau de partage de responsabilités est vraiment adéquat dans le cadre de la gestion communautaire. En effet, cela a nécessité l'intervention d'autres acteurs sur tous les plans et à tous les niveaux pour la responsabilisation des communautés locales dans la gestion des ressources naturelles, avec des effets pervers de dépendance.

6.2 Harmoniser les Échelles

Une autre difficulté d'application de la GCRN est la conjonction des différentes échelles géographiques. La conservation communautaire a pour base un cadre social (une communauté ayant une structure et une organisation de décision et de réalisation propre à elle), un cadre historique (avec des pratiques héritées des ancêtres) et un cadre environnemental (ayant une capacité de charge limitée). Cependant, la politique de conservation n'est généralement jamais arrêtée au niveau des villages; au contraire, elle s'applique à un territoire plus vaste qui englobe alors plusieurs autres communautés avec leurs spécificités. Dans le cas de l'Alaotra, un cas illustre parfaitement le problème de



concordance de l'échelle du terroir traditionnel et la délimitation du terroir traditionnel. Pour les COBA d'Ambodivoara, la limite administrative est la rivière Sahabe qui passe à 100 mètres à côté de leur village. Par contre, leur terroir s'étend à 11 km au-delà de ce cours d'eau. Le service des Eaux et Forêts d'Ambatondrazaka dont relève normalement Ambodivoara ne peut pas constater le GCF des villages au-delà de la rivière.

De même, la carte de distribution d'une espèce ou d'une menace chevauche sur plusieurs terroirs villageois. La difficulté réside dans la recherche d'un consensus, déjà difficile entre communautés, mais cela l'est encore plus à différents échelons (population locale, agents du gouvernement, gestionnaire de projet d'une ONG de conservation, acteur économique).

6.3 Des Réels Avantages?

La durabilité de la GCRN est certainement liée au fait que la communauté locale voit clairement les bénéfices qu'elle en tire. La gestion communautaire des ressources naturelles a dans de nombreux cas fourni des avantages matériels aux villageois. Le terrain sur lequel s'effectue cette gestion (propriété domaniale ou communautaire ou privée à définir pendant l'opération de sécurisation foncière), constitue déjà un avantage matériel collectif. D'autre part, les villageois ont accès à l'usage des ressources naturelles d'une façon légale et bénéficient des aides matérielles de tout genre (mobiliers ou immobiliers) provenant des promoteurs de la gestion communautaire afin de les encourager dans cette nouvelle action de conservation favorisant le développement. Le cas de la forêt de tapia d'Arivonimamo illustre un modèle de gestion communautaire ayant créé des bénéfices économiques substantiels aux communautés. D'autres avantages indirects sont également fournis par la gestion communautaire des ressources forestières, lacustres ou palustres. Pour les NAP Menabe Antimena et NAP lac Alaotra, les COBA acteurs bénéficient des prix de concours de suivi écologique participatif organisés par les ONG, autres avantages matériels obtenus grâce à la gestion communautaire des ressources naturelles. En termes d'avantages sociaux et culturels, la GCRN entretiendrait la cohésion sociale existant dans la communauté. L'effort commun porté par tous les membres pour discuter ensemble et réaliser collectivement les

diverses tâches sur cette gestion raffermit la bonne entente entre les individus d'une communauté donnée. En plus de cela, les aides provenant des partenaires se traduisent généralement en biens communs. Pour le cas de Menabe Antimena, par exemple, une grande société d'aquaculture de la région a construit une école et un magasin de stockage. Malheureusement, ce ne sont pas tous les villages qui bénéficient de tels bénéfices.

Le revers de ces réglementations n'est pas toujours facile même pour les communautés les plus dynamiques (Cullman 2015). L'accès et le droit de jouissance au site protégé est limité. Les alternatives à l'exploitation des ressources naturelles ont été développées par les bailleurs et les projets. Cette approche semble bien développée lorsqu'on parle de GCRN, car il a été compris assez tôt que la population locale devait avoir des alternatives qui peuvent être équivalentes, complémentaires ou même de substitution à l'exploitation des ressources existantes. L'alternative pour satisfaire aux besoins en bois de construction pour les zones comme le Menabe, l'Alaotra ou le Haut Plateau d'Arivonimamo est, par exemple, la pratique du reboisement. Des projets d'agroforesterie, de culture de contre-saison, d'apiculture sont souvent proposés aux villageois avec des résultats mitigés. Bien qu'imparfaite, la GCRN continue toutefois à rechercher des alternatives pour engendrer davantage de réels bénéfices pour les communautés locales.

BIBLIOGRAPHIE

- Andriaholinirina, N. et al. 2014. Hapalemur griseus. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e.T9673A16119642. Accessible au <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T9673A16119642.en>. (Accédé 05 janvier 2016).
- Anonyme. 2014. Aire marine gérée localement: plus efficace. Madagascar Matin, Madagascar.
- Adams, W., et D. Hulme. 2001. Conservation and community. Oxford Press, London, UK.
- Barrow, E. et M. Murphree. 2001. Community conservation: from concept to practice. James Curry Ltd., London, UK.
- Berkes, F. 2004. Rethinking community-based conservation. Conservation Biology 18(3):621-630.
- Blanc-Pamard, C., et H. Ramiarantsoa. 2010. Pour un développement durable des communautés locales : le challenge du Transfert de Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables (TGRNR). Revue Taloha 19:1-14.
- van den Breemer, J.P.M., C.A. Drijver, et L.B. Venema. 1995. Local resource management in Africa. John Wiley and Sons, New York, New York, USA.
- Brockington, D. 2007. Community conservation inequality and



- injustice. *Current Conservation* 1(1):7.
- Brooks J., K.A. Waylen, et M.B. Mulder. 2013. Assessing community-based conservation projects: a systematic review and multilevel analysis of attitudinal, behavioral, ecological, and economic outcomes. *Environmental Evidence* 2(2):1–34.
- Connelly, J., et G. Smith. 1999. *Politics and the environment: from theory to practice (environmental politics)*. Routledge, New York, New York, USA.
- Conservation International – Madagascar. 2013. Programme NODE vers une nouvelle approche. *Songandina* 17:1.
- Copsey J.A., L.H. Rajaonarison, R. Randriamihamina, et L.J. Rakotoniaina. 2009. Voices from the marshes: livelihood concerns and rice cultivators in the Alaotar wetland. *Madagascar Conservation and Development* 4(1):25–30.
- Cullman, G. 2015. Community forest management as virtualism in northeastern Madagascar. *Human Ecology* 43(1): 29–41.
- Fabricius, C., et S. Collins. 2007. Community-Based Natural Resources Management: governing the commons. *Water Policy* 9(2):83–97.
- Fischesser, B., et M.F.D. Tate. 2007. *Le guide illustré de l'écologie*. Éditions de La Martinière, Versailles, France.
- Gray, G.J., L. Fisher, et L. Jungwirth. 2001. An introduction to community-based ecosystem management. *Journal of Sustainable Forestry*, 12(3–4):25–34.
- Hachileka, E., et M. Kokwe. 2000. Best practices in community based natural resources management: proceedings of the workshop on the development of CBNRM Best Practices Principles and Criteria. IUCN Regional Office for Southern Africa, 16–17 mars 2000, Monomatapa Hotel, Harare, Zimbabwe.
- Hackel, J. 1999. Community conservation and the future of Africa's wildlife. *Conservation Biology* 13(4):726–734.
- [ICCA Consortium]. Indigenous Peoples' and Community Conserved Territories and Areas Consortium. 2010. Bio-cultural diversity conserved by indigenous peoples and local communities – examples and analysis. Accessible au: http://www.iucn.org/about/union/commissions/ceesp/ceesp_publications/?6560/Bio-cultural-Diversity-Conserved-by-Indigenous-Peoples--Local-Communities.
- Jones, C., et R.H. Horwich. 2005. Constructive criticism of community-based conservation. *Conservation Biology* 19(4): 990–991.
- Kull, C.A. 2002. The “degraded” tapia woodlands of highland Madagascar: rural economy, fire ecology, and forest conservation. *Journal of Cultural Geography* 19(2):95.
- [PAG Menabe] plan d'aménagement et de gestion de la nouvelle aire protégée Menabe Antimena. 2014. Morondava. Ministère des Eaux et Forêts, Fanamby, Madagascar. Accessible au: <http://www.mrpa.mg/sites/default/files/download/Etudes/PAG/PAG%20Menabe%20Antimena.pdf>.
- Pollini, J., et J.P. Lassoie. 2011. Trapping farmer communities within global environmental regimes: the case of the GELOSE legislation in Madagascar. *Society & Natural Resources* 24(8):814–830.
- Rakotondrasoa O.L. et al. 2012. La forêt de tapia, écosystème endémique de Madagascar: écologie, fonctions, causes de dégradation et de transformation (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 16(4):541–552.
- Reibelt, L., et J. Nowak. 2015. Community-based conservation in Madagascar, the ‘cure-all’ solution?. *Madagascar Conservation and Development* 10(1):3–5
- Rendigs, A., L.M. Reibelt, F.B. Ralainasolo, J.H. Ratsimbazafy, et P.O. Waeber. 2015. Ten years into the marshes – *Hapalemur alaotrensis* conservation, one step forward and two steps back?. *Madagascar Conservation and Development* 10(1):13–20.
- Ribot, J.C. 2004. Waiting for democracy: the politics of choice in natural resource decentralizations. World Resources Institute, Washington, D.C., USA.
- Scales, I.R. 2014. The future of conservation and development in Madagascar: time for a new paradigm?. *Madagascar Conservation and Development* 9(1):5–12.
- Treves, A., R.B. Wallace, L. Naughton-Treves, et A. Morales. 2006. Co-managing human-wildlife conflicts: a review. *Human Dimensions of Wildlife* 11(6):383–396.
- Ward, H. 1996. Green arguments for local democracy. Pages 130–157 dans D. King, et G. Stoker, éditeurs. *Rethinking local democracy*. MacMillan Press, London, UK.
- Western, D., et R. Wright. 1994. The background to community-based conservation. Pages 1–12 dans D. Western, R. Wright, et S. Strum, éditeurs. *Natural connections perspectives in community-based conservation*. Island Press, Washington, D.C., USA.
- [WCS] Wildlife Conservation Society. 2015. “Makira, Madagascar” Code REDD. Accessible au: <http://www.coderedd.org/redd-project/wildlife-conservation-society-makira-madagascar/> (Accédé 12 janvier 2016).



Conservation de la Biodiversité et Réduction de la Pauvreté à Madagascar

Jean-Solo Ratsisompatrarivo¹ et Vanessa Aliniaina Rasoamampianina²
Révisée par Georgina Cullman³ et Domoina Rakotobe⁴

¹EcoRegional Initiative, Madagascar, ²University of Antananarivo, Madagascar, ³Center for Biodiversity and Conservation, American Museum of Natural History, USA, ⁴Réseau des Educateurs et Professionnels de la Conservation à Madagascar

1. INTRODUCTION

L'utilisation des ressources naturelles pour satisfaire les besoins fondamentaux des sociétés a existé depuis les temps immémoriaux, non seulement pour fournir la nourriture, le bois d'énergie et les matériaux de constructions nécessaires mais également pour permettre le développement économique, social et culturel de tous. Actuellement, la majorité des pauvres à travers le monde vivent encore en milieu rural et dépendent directement de l'agriculture et de l'exploitation directe des ressources naturelles, rendant la gestion rationnelle de ces dernières un impératif pour de nombreux pays afin d'éviter la déplétion totale au fil du temps (Lee et Neves 2009). Il est vrai que le développement d'un pays ne repose pas uniquement sur les ressources naturelles puisque d'autres facteurs aussi entrent en jeu. D'ailleurs, l'analyse des 13 pays ayant maintenu une croissance moyenne du PNB de 7 % par an pendant plus de 25 ans a montré que ce ne sont pas ceux qui sont les plus riches en ressources naturelles qui réussissent mais plutôt ceux qui supportent les investissements publics, ceux qui innovent continuellement, etc. (Commission on Growth and Development 2008). Néanmoins, le problème de la surexploitation des ressources naturelles reste préoccupant pour tous les pays puisque cela affecte directement non seulement la survie et le développement d'un grand nombre de populations mais cela risque aussi de mettre en péril l'environnement tout entier.

En fait, cela fait plusieurs décennies que les concepts de « conservation » et de « développement » sont perçus comme des concepts en concurrence, voire même en contradiction. Même si les théories et les concepts démontrent une grande interdépendance entre ces deux concepts, les besoins réels et les pratiques au

niveau des pays, des populations et des communautés sont tels que la dualité « opérationnelle » est parfois frappante entre les promoteurs de la conservation et les acteurs de développement. Plusieurs questions se posent alors et font l'objet de longs débats. Le présent module essaie plus particulièrement de se concentrer sur les trois questions suivantes :

- Dans quelle mesure l'état des ressources naturelles est-il réellement affecté par les activités de développement, et vice versa ?
- Comment faire des initiatives de conservation une opportunité pour améliorer la qualité de vie des communautés locales ?
- Comment s'assurer que les initiatives de développement soient respectueuses de l'environnement ?

Le présent module se base exclusivement sur les acquis et leçons tirés à Madagascar où « développement » et « conservation » sont de très hautes priorités. En effet, Madagascar est connu pour son importance en matière de biodiversité. Ceci lui a d'ailleurs valu le statut de « hotspot » et un rang élevé parmi les pays à intérêt de conservation à l'échelle mondiale. Ses ressources naturelles, notamment ses ressources forestières et halieutiques, sont extrêmement riches, ses bois précieuses s'exportent à prix d'or, son potentiel touristique est extraordinaire, apportant un avantage appréciable pour le développement du pays (Carret et al. 2010). Mais Madagascar est aussi listé parmi les pays les plus pauvres au monde. En 2010, jusqu'à 75,3 % de sa population vivaient encore sous le seuil de la pauvreté ; en 2013, son Produit Intérieur Brut s'accroissait seulement de 2,4 % par an (World Bank 2015). Pour réduire la pauvreté des malgaches, pour pousser le développement rapide du pays tout en



protégeant les réserves en ressources naturelles pour le futur, l'enjeu est de taille.

Comme divers modules du REPC ont déjà abordé les approches pour gérer les ressources naturelles malgaches en intégrant les dimensions environnementales, le présent module parle plutôt des diverses initiatives de conservation et des initiatives pour le développement autour des aires protégées. Sachant que, quelle que soient les initiatives entreprises, aucun impact réel ne pourrait être perçu sans la participation des communautés concernées, ces dernières sont placées au cœur de ce module. Sans se targuer d'apporter des solutions ultimes pour bien conserver la biodiversité tout en réduisant la pauvreté à Madagascar, le présent module se contente d'apporter des éléments de réflexion sur les interactions de la qualité de vie des communautés rurales avec les dynamiques des ressources naturelles, ainsi que sur les diverses initiatives de conservation entreprises dans le pays.

Ce module essaie, dans une première partie, d'exposer certaines caractéristiques de la pauvreté chronique du monde rural malgache et de faire un bref état des lieux des forêts et zones humides de Madagascar afin d'illustrer les interactions entre pauvreté et dégradation des ressources naturelles. La deuxième partie du module donne un aperçu de l'évolution de la politique de conservation et de quelques approches sociopolitiques s'y référant en 30 années d'intervention. Des exemples d'actions réellement entreprises sur le terrain sont ensuite apportés dans la troisième partie du module. Certaines de ces actions ont pour principal objectif la conservation de la biodiversité; d'autres actions sont plus axées vers la réduction de la pauvreté. La dernière partie du module apporte des perspectives à considérer pour le futur. Notons qu'en annexe se trouvent trois études de cas qui illustrent l'intégration de la conservation de la biodiversité et de la réduction de la pauvreté en milieu rural dans des projets bien spécifiques.

2. ETAT DES LIEUX

Large de 587.042 km², Madagascar abrite une diversité exceptionnelle de faune, de flore, d'habitats et de paysages qui serait impossible à traiter ici dans sa totalité. En 2014, la population malgache est estimée à

23,6 millions, avec une croissance moyenne de 2,8 % par an (World Bank 2015). C'est une population relativement jeune, les 42 % étant âgé de moins de 15 ans. Le taux de scolarisation et d'alphabétisation est relativement bas: les dernières estimations données indiquent que, chez les enfants en âge d'être scolarisés, à peu près un quart ne fréquent pas l'école primaire (UNICEF Madagascar 2012). Chez les adultes, 36 % sont analphabètes (World Bank 2015).

Pour illustrer l'état d'extrême pauvreté prévalent dans les zones rurales malgaches, quelques informations sont apportées concernant l'activité agricole et les autres activités génératrices de revenus, ainsi que sur l'insécurité alimentaire et la santé. Un aperçu des divers processus par lequel la pauvreté en milieu rural peut entraîner la dégradation de l'environnement naturel est ensuite donné en insistant sur le rôle des pratiques utilisées par les communautés locales pour subvenir à leurs besoins. D'autres facteurs socioculturels sont aussi abordés. Finalement, un état des lieux de l'environnement est offert en se concentrant sur deux écosystèmes particulièrement affectés par les activités humaines : les écosystèmes forestiers et les zones humides.

2.1 La Pauvrete En Milieu Rural

A Madagascar, 78 % de la population vivent en milieu rural où la production agricole façonne l'économie et conditionne la vie des ménages (Minten et Baret 2008). Malheureusement, cette production est en déclin, tant en termes de qualité que de rendement. Ceci s'observe particulièrement dans la production de riz qui est l'aliment de base des malgaches. Le rendement rizicole national est évalué à environ deux tonnes/ha. Dans la plupart des zones rurales, les rendements sont cependant plus faibles, variant généralement entre 1,2 tonne/ha pendant la saison précoce et 1,7 tonne/ha pendant la saison principale dans les rizières ; comparé à 0,9 tonne/ha dans les « tanety » et 0,7 tonne/ha pour la culture du riz sur brûlis (Minten et al. 1997). Cette production, qui est restée stagnante au fil des années, ne peut pas subvenir aux besoins alimentaires d'une population en perpétuelle croissance. Les périodes de soudure s'allongent jusqu'à plus de quatre mois et demi en moyenne par an, pendant lesquelles les ménages ne mangent du riz qu'une fois par jour au lieu des deux à



trois fois par jour habituels (Minten et Barrett 2008). Plusieurs paramètres sont à l'origine de ces rendements très mitigés, dont les pratiques agricoles non rentables, souvent même dévastatrices.

L'exploitation des produits forestiers ligneux et non-ligneux apporte aussi des sources de revenus supplémentaires aux communautés rurales. Certaines régions de Madagascar sont très impliquées dans la provision de construction ou du charbon de bois pour les villes. Il y a les dizaines de milliers de personnes, particulièrement des pauvres, qui bénéficient du marché de charbon de bois (Minten et al. 2013). Une étude menée par Arnold et al. (2006) montre que la production et la vente de bois de chauffe représentent une part appréciable des revenus de la majorité des ménages ruraux mondiaux, constituant ainsi un complément des revenus générés par les activités agricoles.

Le recours à la faune sauvage pour enrichir l'alimentation ou pour augmenter les revenus des ménages est aussi observé en milieu rural, surtout en période de crise. Golden et al. (2013) rapportent par exemple que, dans le Nord-Est de Madagascar, 98 % de la faune sauvage consommées localement ont été directement capturées par les membres de la famille. Il s'agit de lémuriers, chauves-souris, potamochères, etc., y compris certaines espèces menacées et protégées. Les proies de trop grande taille pour être terminées au sein de la famille et qui ne peuvent être conservées trop longtemps faute d'appareils réfrigérateurs sont vendues dans les marchés locaux, apportant en moyenne 13 % des revenus annuels des ménages.

On sait aussi que l'artisanat comme la vannerie ou la production de diverses fibres textiles constitue également des sources de revenus additionnelles, bien qu'il n'existe pas encore de données précises à ce sujet. D'après une enquête de l'Institut National des Statistiques (2002), les artisans malgaches utilisent presque exclusivement des matières locales. Même pour les artisans vivant aux alentours de la capitale, 94,9 % des matières premières utilisées sont issues de leurs propres localités ou des communes avoisinantes. Sachant que la vente d'objets artisanaux sur les marchés locaux augmente surtout pendant les mois de Novembre et Décembre, les communautés sont donc conscientes

de la hausse de la demande en articles cadeaux dans les villes pendant la période de fêtes et essaient d'en profiter. Jusqu'à 90 % des personnes enquêtées ont cependant manifesté le besoin de recevoir de l'assistance dans l'approvisionnement en matière première, de l'information sur le marché et de l'aide pour l'accès au crédit avant de pouvoir vraiment se lancer dans l'artisanat de manière régulière.

En fait, toutes ces activités ne permettent pas de satisfaire les besoins des communautés rurales. Le revenu des ménages malgaches est même très en deçà du seuil de pauvreté. La valeur de la production agricole des ménages, englobant la quantité autoconsommée de produits, les ventes et les autres usages de la récolte, compose le revenu agricole. D'après Randrianarison (2003), ce revenu agricole s'est élevé à environ USD 315 par ménage pour l'année de culture 2000-2001. Les ménages ruraux les plus riches sont moins impliqués dans l'activité agricole proprement dite (seulement 34 % de leur revenu total étant d'origine agricole) par rapport aux ménages les plus pauvres qui dépendent à 57 % de la production agricole pour leurs revenus. Quant au revenu extra-agricole, il compte en moyenne pour 43 % du revenu total des ménages ruraux; un taux qui augmente avec le niveau de vie. Le revenu extra-agricole moyen par ménage rural est évalué à environ USD 250; mais les ménages ruraux les plus pauvres gagnent environ USD 126, soit quatre fois moins que les ménages ruraux les plus riches.

L'extrême pauvreté en milieu rural s'exprime d'abord par une grande insécurité alimentaire et par un état de santé précaire, surtout chez les enfants. Les carences nutritionnelles constituent, dès la naissance, une cause majeure de mortalité infantile. Les estimations existantes concordent pour indiquer que la malnutrition des mères entraîne une petite taille des bébés à la naissance ; accroissant la probabilité de mortalité de ces derniers durant le premier mois à un taux quatre fois supérieur à celui des bébés de taille normale. La malnutrition des enfants de moins de cinq ans constitue un autre problème préoccupant. Elle est mesurée par le taux d'insuffisance pondérale. Malheureusement, le problème de malnutrition ne semble pas s'améliorer au cours du temps, affectant 39 % des enfants malgaches en 1992, 33,1 % en 2000, 40 % en 2003-2004 et 37 %



en 2009–2013. Ce taux est particulièrement élevé pour la tranche d'âge de 12 à 23 mois. Le problème de malnutrition sévère atteint aussi le quart des enfants de moins de cinq ans selon les dernières statistiques de 2008–2009 (WHO Global Database on Child Growth and Malnutrition 2012).

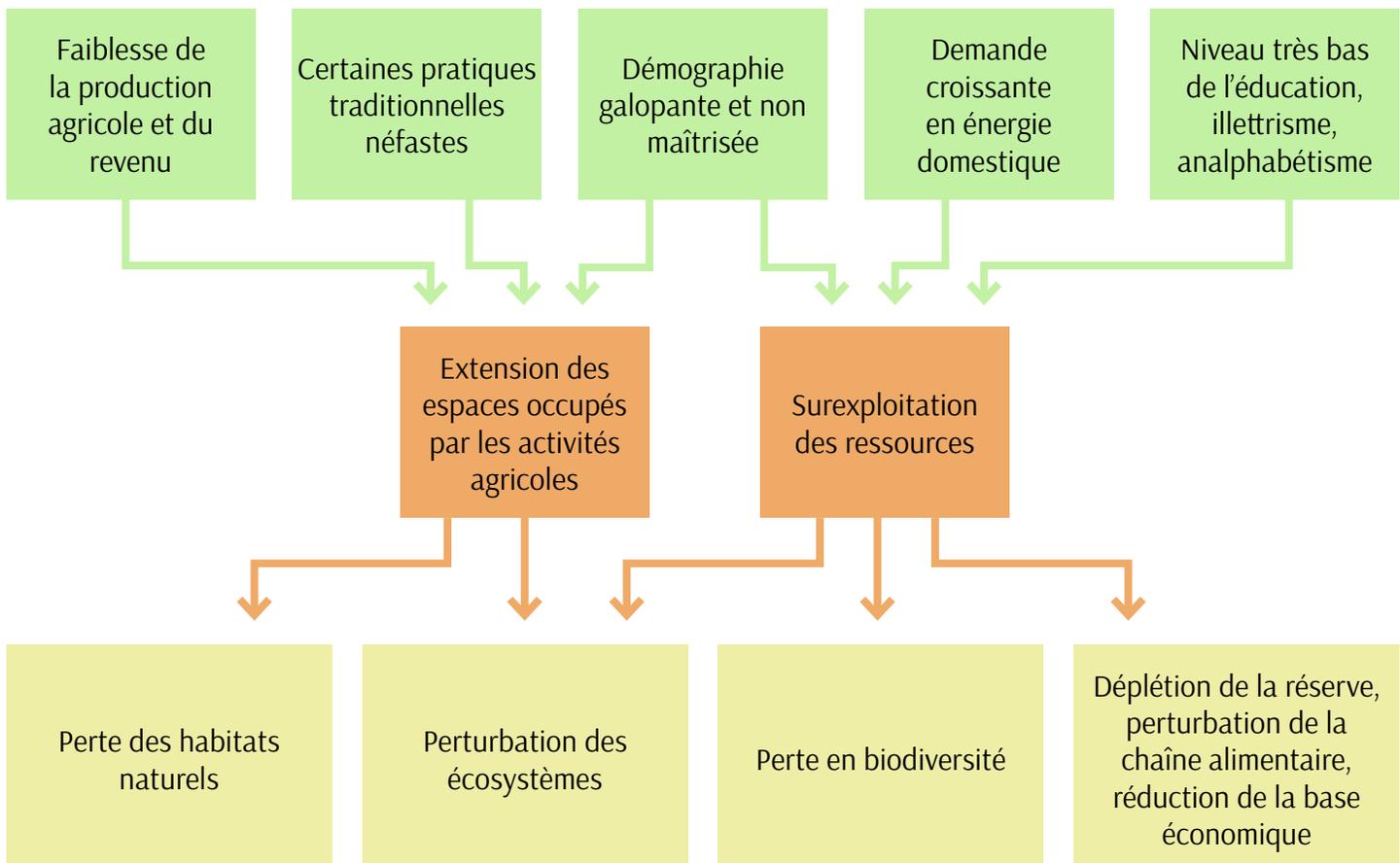
A l'insécurité alimentaire s'ajoute les difficultés croissantes d'accès à l'eau potable, renforçant alors les problèmes de santé à travers Madagascar. Entre 2000 et 2012, bien que le taux national de desserte en eau potable ait augmenté de 29 à 42 %, une large majorité de Malgaches n'ont toujours pas accès de façon permanente à l'eau potable (Ministère de l'Eau 2013). Les différences les plus flagrantes sont entre le milieu rural avec 42 % contre 61 % en milieu urbain. De même, les régions sont inégalement desservies avec 97 % dans l'Itasy (Centre) et seulement 14 % dans le Sud Est. L'utilisation de l'eau insalubre est l'une des premières causes de maladies et de mortalité infantiles dans les zones rurales.

Un autre problème contribuant au fort taux de mortalité en milieu rural est l'accès particulièrement difficile aux centres de santé. Ainsi, 35 % de la population vit dans un rayon de plus de 10 km d'un établissement de soins (OMS 2014). Ce qui fait qu'une partie importante de la population, surtout celle localisée en zones enclavées, n'a pas encore accès aux soins essentiels. L'utilisation des plantes médicinales et le recours aux autres formes de médecine traditionnelle constituent souvent les seules options possibles pour de nombreux ménages, quelle que soit la gravité de la maladie. Les taux de mortalité restent encore significatifs avec 72 % pour les enfants de moins de cinq ans et 48 % pour les moins d'un an (ENSOMD 2013).

2.2. Les Répercussions de la Pauvreté sur l'Environnement

Pour survivre et subvenir à leurs besoins, les communautés rurales exploitent et utilisent directement les ressources naturelles. Certaines des

Figure 1. Liens entre pauvreté rurale, dégradation des ressources naturelles et perte en biodiversité à Madagascar





approches adoptées, ainsi que certaines considérations socioculturelles, ne sont cependant pas toujours favorables au maintien de ces ressources naturelles.

2.2.1. A Travers les Moyens de Subsistance

Depuis le peuplement de Madagascar, la colonisation des espaces vitaux a entraîné la conversion d'espaces forestiers en terrains de culture. Le défrichement des forêts (appelée « *tevy ala* ») est souvent combiné avec la culture sur brûlis ou « *tavy* ». Celles-ci entraînent non seulement la perte en couverture forestière et en biodiversité mais accentuent également la dégradation des écosystèmes locaux et régionaux (Styger 2006). Alors que la mise en jachère est largement pratiquée, la période pendant laquelle le sol est laissé en friche a tendance à diminuer à cause des pressions démographiques sur la disponibilité des terres. Il n'y a pas assez de terres pour pratiquer à la fois culture active et la jachère. Cette fréquence d'utilisation entraîne une perte plus rapide de la fertilité des sols ; le « *tevy ala* » et le « *tavy* » sont alors poussés vers d'autres frontières. De plus, la taille des surfaces cultivées augmente continuellement avec la croissance démographique. Zeller et al. (2001) rapporte par exemple qu'en l'espace de dix ans, pour l'ensemble de Madagascar, les surfaces cultivées en rizières ont en moyenne augmenté de 5 % ; celles en « *tanety* » de 24 %.

Concernant la production de bois d'énergie, que ce soit sous forme de bois de chauffe ou sous forme de charbon de bois, les ménages ruraux sont aussi bien des consommateurs que des fournisseurs. Meyers et al. (2006) estiment que, pour l'année 2005, la consommation nationale de bois de chauffe est de 9,02 millions de mètres cubes, dont 8,37 millions en zone rurale et 0,65 millions en zone urbaine. Ces chiffres ne semblent malheureusement pas aller à la baisse. Par exemple, une étude menée dans le Sud-Ouest de Madagascar montre que le nombre de ménages engagés dans la production de charbon de bois a significativement augmenté entre les années 2005 et 2011, cela surtout à cause de difficultés pour continuer les activités agricoles habituelles : perturbations du régime de pluie, baisse dans les ressources piscicoles et marines, etc. (Gardner et al. 2015). Comme le bois de chauffe et le charbon de bois proviennent généralement

de plantations (surtout de pins ou d'eucalyptus), on serait tenté de croire que ces activités n'ont pas vraiment d'impact sur la biodiversité. Malheureusement, la production de charbon de bois en particulier, a des effets graves sur l'environnement. Malgré qu'il y ait des régulations sur l'exploitation des forêts pour le charbon, il est estimé qu'entre 80 et 95 % de charbon est amené au marché sans les permis obligatoires (Minten et al. 2013). Même quand les forêts naturelles ne sont pas complètement décimées par les activités liées à la production de bois d'énergie, des baisses dans la contribution écologique sont observées, affectant ainsi la biodiversité locale qui en dépend (Gardner 2014). La demande en bois d'énergie ne semble pas prête de baisser et les projections indiquent que pendant longtemps encore, la demande excèdera l'offre (Arnold et al. 2006), maintenant une pression incessante sur les forêts malgaches. Malheureusement, les sources d'énergie alternative ne sont pas encore suffisamment vulgarisées à Madagascar pour contrebalancer cette tendance et la promotion de foyers améliorés plus efficaces n'a pas encore eu de succès.

2.2.2. A Travers les Facteurs Socioculturels

A Madagascar, les traditions et l'histoire sont étroitement liées à la gestion des ressources naturelles. Plusieurs pratiques traditionnelles ont permis de mettre en place des systèmes de régulation des exploitations des ressources naturelles (voir le module La Gestion Communautaire des Ressources Naturelles). Cependant, elles peuvent aussi constituer un blocage à la percée vers un état économique, écologique, et social acceptable. Dans les zones rurales, les communautés maintiennent des pratiques et des croyances traditionnelles vibrantes. Ainsi, il est par exemple reconnu que le *tavy* n'est pas seulement un moyen de production et d'exploitation des terrains de culture ; il fait aussi partie d'un rituel ancestral ayant lien à des pratiques spirituelles et religieuses marquant l'identité de certains groupes (Hume 2006). Ces pratiques sont parfois jalousement gardées par les chefs traditionnels qui ont toujours des influences considérables sur les autres membres de la communauté. Il y a des exemples de communautés rurales qui utilisent le *tavy* comme « armes » de protestation à l'encontre de nouvelles dynamiques socioéconomiques ou politiques dans lesquelles elles ne trouvent pas encore leurs



marques (Kull 2002 ; Aubert et al. 2003). Les désirs de maintenir les pratiques traditionnelles ainsi que l'absence d'alternatives viables – en particulier dans les régions montagneuses – peuvent empêcher l'adoption des nouvelles pratiques agricoles durables (Cullman 2013).

Parfois, les traditions précèdent les règles légales. Dans la dynamique d'extension des terrains de culture par exemple, il y a un conflit entre les perceptions des communautés locales et les exigences légales. Les communautés considèrent les terrains forestiers comme leurs propriétés qu'ils pensent pouvoir défricher à leurs guises (Zeller et al. 2001). Du point de vue du Gouvernement, ces terrains font partie du patrimoine national. Il devient alors très difficile de faire valoir les règles officielles, les textes et lois sur la gestion des espaces forestiers. Pour compliquer la situation, le monde rural entretient, de par l'histoire, des relations parfois difficiles avec les autorités centrales. Comme le rapporte Seagle (2010), de nombreuses communautés à travers Madagascar continuent d'avoir du ressentiment par rapport à tout ce qui vient de l'extérieur de leurs régions, suite à la domination et aux obligations de service imposées par les rois Merina. Ce ressentiment fait aussi suite aux pratiques agricoles qui furent imposées à de nombreuses communautés pour satisfaire le capitalisme colonial ; par exemple, l'imposition de la culture de café le long de la côte Est au dépens de la culture du riz, ou la fin du pastoralisme dans le Sud malgache après l'introduction des insectes détruisant les cactus qui servaient d'aliment de subsistance pendant les déplacements d'une zone de pâturage à l'autre. Même après l'indépendance de Madagascar, un sentiment de méfiance vis-à-vis du pouvoir central continue, les différents gouvernements n'ayant pas réussi à redresser le pays malgré les nombreuses promesses faites.

Par ailleurs, le niveau très bas d'éducation et le faible accès aux informations fiables en milieu rural entraînent parfois une résistance aux nouvelles pratiques plus efficaces pour la gestion durable des ressources naturelles. Il y a encore des parents qui pensent qu'envoyer leurs enfants à l'école ne serait pas la meilleure manière d'utiliser leurs temps (Deleigne et Miauton 2001). La dégradation des infrastructures scolaires, ainsi que la faible qualité de l'enseignement dans les zones rurales enclavées, justifie

parfois ces attitudes et explique la forte déperdition scolaire. Tous ces facteurs constituent un obstacle majeur au développement d'une vision plus ouverte et à plus long terme dans les milieux ruraux.

Enfin, le fort taux d'accroissement démographique est aussi un des facteurs prépondérants de l'augmentation des pressions sur les ressources naturelles. Dû à l'insuffisance de la production agricole et des produits vivriers, l'extension des terrains de culture constitue la seule stratégie viable pour les communautés pour faire face aux problèmes d'approvisionnement en denrées alimentaires.

2.3. L'Etat de Dégradation de l'Environnement

Madagascar abrite une grande diversité d'écosystèmes. Tous sont affectés d'une façon ou d'une autre par les activités humaines. Les cas des écosystèmes forestiers et des zones humides sont discutés ci-après, commençant à chaque fois par un bref aperçu de la richesse et de la valeurs de ces écosystèmes avant d'apporter quelques chiffres concernant l'état de dégradation suite aux activités des communautés vivant dans les milieux ruraux pour subvenir à leurs besoins.

2.3.1. Exemple des Ecosystèmes Forestiers

Les forêts tropicales de Madagascar font partie de celles qui regorgent d'une richesse en biodiversité des plus abondantes au niveau mondial. Les espèces faunistiques et floristiques qui s'y trouvent présentent un niveau élevé d'endémicité, allant jusqu'à au-delà de 90 % pour certaines (CEPF 2014). Ces forêts offrent des habitats précieux aux espèces floristiques et faunistiques qui s'y abritent et assurent d'importantes fonctions écologiques (Hansen et al. 2008). Pour les communautés locales également, nombreux sont les avantages tirés de l'existence de ces forêts, y compris des valeurs pratiques, culturelles, esthétiques et spirituelles reconnues.

Comme les autres forêts tropicales à travers le monde, les forêts malgaches sont parmi les écosystèmes les plus menacés. Elles sont de plus en plus dégradées par les trafics illégaux de bois précieux et par la surexploitation des autres ressources ainsi que par diverses activités



humaines incontrôlées, y compris les exploitations minières. Par exemple, cela a été démontré dans les forêts du Nord-Est de Madagascar où 82,1 % des dégradations s'observent dans les périmètres couverts par les communautés autour de leurs villages (Allnutt et al. 2013). Plus préoccupant encore, de grandes pertes et fragmentations des forêts à travers tout le pays sont aussi notées ; bien que la tâche d'estimer l'étendue du problème soit particulièrement ardue (McConnell et Kull 2014). A titre d'exemple, l'étude menée par Harper et al. (2007) à partir de l'interprétation d'images satellitaires montre un taux de déforestation nationale avoisinant les 40 % en 50 ans, avec des taux annuels variables : 0,3 % entre les années 1950 et 1970, 1,7 % entre 1970 et 1990, puis 0,9 % de 1990 à 2000. Des projections effectuées par Vieilledent et al. (2013) ont par ailleurs indiqué que, le taux de déforestation à Madagascar risque malheureusement de continuer à augmenter dans les années à venir, atteignant 1,17 % dans certaines régions à forte densité humaine. Les causes de ces pertes et dégradations des forêts malgaches sont nombreuses et multiples. Bien que le *tevy ala* et le *tavy* aient toujours été parmi les facteurs les plus préoccupants (Clark 2012), la déforestation pour la mise en place de l'agriculture de rente, pour l'établissement des populations en rapide expansion ou en migration, ainsi que la déforestation favorisée par les routes d'accès sont récemment devenues des préoccupations majeures dans certaines régions (Gorenflo et al. 2011).

Dans tous les cas, il serait injuste d'imputer tous les problèmes des forêts malgaches aux populations des zones rurales seules. En fait, lors leur étude de la couverture forestière dans le sud malgache sur une période de 15 ans, Elmqvist et al. (2007) rapportent une stabilité dans la surface de certaines forêts, voire même des cas de régénération ; ce qui fut, en partie, expliquée par le maintien de certaines pratiques locales. Horning (2012) attire également l'attention sur le fait que ce ne sont pas toutes les populations en zones rurales qui causent la déforestation à travers Madagascar puisqu'il existe des communautés qui, au contraire, contribuent à la conservation. Horning insiste surtout sur le fait que certaines actions des agents de l'Etat ou d'acteurs du secteur privé peuvent avoir des effets encore plus destructifs sur les forêts malgaches. Jarosz (1993) souligne le rôle important du gouvernement

colonial en provoquant la déforestation au vingtième siècle. Elle soutient qu'il n'y a pas de relation linéaire, néo-malthusien entre la croissance de la population, le *tavy* et la déforestation, et qu'il est nécessaire de mettre la déforestation dans un contexte historique et économique plus large.

2.3.2. Exemple des Zones Humides

Les écosystèmes de zones humides et côtières sont des ressources exceptionnelles sur lesquelles reposent de nombreuses économies et sociétés humaines. A Madagascar, la biodiversité terrestre (y compris les zones humides) a des niveaux élevés d'espèces indigènes et endémiques. Par exemple, l'ichthyofaune est très riche avec près de 183 espèces des poissons d'eau douce, dont un tiers est endémique (Conservation International-Madagascar 2014).

Espaces de transition entre la terre et les eaux, les fonctions que ces zones remplissent sont irremplaçables et sont d'une large variété. Il y a, en particulier, la fonction biologique : les zones humides présentant des concentrations importantes de biodiversité, comme les oiseaux, les mammifères, les reptiles, les invertébrés tels les amphibiens et les poissons. Les zones humides sont, pour ces différentes espèces, un lieu de reproduction, de refuge et de repos. Il y a aussi les fonctions écologiques, car ces zones contribuent au maintien et l'amélioration de la qualité de l'eau en agissant comme un filtre épurateur (physique et biologique), à la prévention de l'érosion des sols, à la régulation du climat et aux régimes hydrologiques, etc. Par ailleurs, les avantages économiques et socioculturels des zones humides sont nombreux. En particulier, les zones humides constituent des sources d'alimentation pour les communautés riveraines, et de matières premières indispensables telles les plantes médicinales ou les matériaux de construction.

Paradoxalement, ces formes d'utilisation des zones humides causent de sérieuses pressions pour la biodiversité. Le faible accès à des méthodes et des outils plus performants contraignent les pêcheurs malgaches à utiliser des techniques inappropriées, des matériaux de pêches peu sélectives, ou des engins spécialisés à des fins commerciales. Par exemple, le *Pellonulops madagascariensis*, qui est un poisson typique du lac



Kinkony, est généralement capturé à l'aide des filets en toile moustiquaire. Cette technique ne laisse aucune échappatoire pour les autres espèces de poissons à des stades encore jeunes, constituant alors jusqu'à environ 10 % de la prise totale. Un autre exemple de technique destructrice s'observe dans le cas du *Channa maculata*, un poisson qui a été introduit dans la région d'Alaotra et qui est généralement capturé en brûlant la végétation dans les zones humides, affectant ainsi tout l'écosystème (Copsey et al. 2009). En fait, le lien tissé au fil des temps par la surexploitation des ressources et la pauvreté des paysans pêcheurs constitue un cercle vicieux presque inextricable.

La pression sur les zones de pêche continentale s'est accrue considérablement due à l'accroissement démographique, ce qui rend difficile le contrôle et le suivi de ces activités. Mises à part les destructions suites à l'extension des zones d'habitation humaine, encore une fois, l'agriculture est l'une des principales sources de destruction des zones humides par la conversion de celles-ci en terrains agricoles exploitables. C'est ce qui, par exemple, a été montré par une étude photographique de la région des hauts plateaux de Madagascar pour la période de 1950 et 1990, indiquant une diminution de 60 % des zones humides (Kull 2012). Le Rapport sur l'Etat de l'Environnement à Madagascar (MEF 2012) indique par ailleurs que, partout dans le pays, les zones humides sont aussi affectées par des variations hydriques, parfois sévères suites à l'intensification des cyclones, mais surtout suite au phénomène de sédimentation, engorgement et comblement. De nombreux marais, lacs et cours d'eau se rétrécissent. Les points d'eau tarissent ; un cas extrême s'observant dans la Montagne d'Ambre où il ne reste plus que 27 sources sur les 217 répertoriés quelques années auparavant. Certaines zones proches des villes, comme le lac Tsarasaotra, sont de plus fortement polluées par les eaux usées. La prolifération de plantes envahissantes, comme *Eichhornia crassipes* ou jacinthe d'eau, accélère l'eutrophisation des milieux aquatiques.

Il faut rappeler que la relation entre pauvreté et dégradation n'est pas unidirectionnelle. Bien que les paragraphes ci-dessous semblent surtout mentionner comment les activités humaines affectent l'environnement naturel, ce dernier influe aussi sur

le niveau de vie des communautés. Par exemple, la dégradation des écosystèmes entraîne une diminution de la productivité des sols et de la disponibilité de toutes ces ressources naturelles qui apportent des revenus supplémentaires aux ménages ruraux. L'influence perceptible des changements climatiques sur la production agricole comme le choix des plants, le calendrier de culture, la disponibilité de l'eau ainsi que sur les autres sources de revenus a été reconnu haut et fort par les communautés locales enquêtées par Delille (2011). Autre exemple : il est dit plus haut que l'accès à l'eau potable est encore très faible pour le monde rural à Madagascar. Il est vrai que les communautés rurales utilisent directement les eaux des rivières et cours d'eau, ou les eaux de source. Parfois, ce n'est pas la disponibilité de l'eau qui pose problème mais plutôt sa gestion, plus précisément la gestion des bassins versants d'où partent généralement les sources. D'autre part, la déforestation dans ces endroits entraîne une érosion massive, causant le tarissement des sources en amont, l'ensablement ainsi que le charriage de débris et d'impuretés diverses qui polluent les cours d'eau en aval. Cette situation a d'ailleurs de nombreuses conséquences : un changement du régime hydrique et un déséquilibre des écosystèmes aquatiques mais également une croissante difficulté dans l'approvisionnement en eau – aussi bien en milieu rural qu'en milieu urbain – ainsi qu'une insuffisance en quantité d'eau pour l'irrigation des terrains de culture.

3. APPROCHES POUR L'INTEGRATION DE LA CONSERVATION ET DU DEVELOPPEMENT

Madagascar est l'un des premiers pays africains à s'engager dans une politique à long terme de conservation de son capital en biodiversité avec une attention particulière pour la réconciliation de l'homme et de son développement avec l'environnement. Cette partie en donne l'illustration en commençant par discuter de l'intégration de la conservation et du développement dans certaines étapes clés de la politique nationale de conservation sur 30 années d'intervention. Un aperçu des efforts de Madagascar pour prendre en compte des dimensions environnementales dans les approches sociopolitiques est également offert.



3.1. Dans la Politique de Conservation

Dès 1984, Madagascar a élaboré une Stratégie Nationale pour la Conservation et le Développement Durable en s'inspirant de la Stratégie Mondiale de la Conservation qui était en vogue aux débuts des années 80. L'idée à ce moment là était de commencer à considérer les problèmes de l'environnement et de la biodiversité de manière globale. Mais comme très peu de moyens opérationnels furent mis en place par le Gouvernement malgache, cette stratégie ne fut que très faiblement opérationnelle. En 1987, la décision fut ensuite prise de prendre une approche plus intégrée des problèmes environnementaux ; conduisant à l'élaboration de la Politique Nationale de l'Environnement (PNAE) dont la mise en œuvre fut définie dans la Charte de l'Environnement de 1990 et dans le Plan d'Action Environnemental (PAE) de 1996. Prévu sur trois phases pour une durée totale de 15 ans, le PAE préconisait, dès ses débuts, un développement durable intégrant la protection de l'environnement, la réduction de la pauvreté, et la croissance économique (Zeller et al. 1998). Depuis, la politique de conservation à Madagascar s'est efforcée de combiner ces concepts, d'une manière ou d'une autre: dans la Politique Forestière, dans la Stratégie Nationale pour la Gestion Durable de la Biodiversité, dans le Plan de Gestion Environnemental, etc. Cet effort se rencontre également dans la mise en œuvre de certaines des conventions internationales ratifiées par Madagascar. Les mêmes principes de base étant plus ou moins repris d'une politique à l'autre, la présente section se contente des exemples des trois phases du PAE et de la Vision « Madagascar naturellement ».

3.1.1. Le Programme Environnemental I

Pendant la première phase du PAE – encore connu sous le terme Programme Environnemental I (ou PEI) – l'Etat malgache et ses partenaires techniques et financiers ont focalisé leurs efforts dans la mise en place des structures et instruments légaux pour la conservation de la biodiversité à travers le pays. Sur le terrain, les interventions étaient concentrées autour de la création et la gestion des parcs et réserves nationales. Un certain nombre d'aires protégées, déjà existantes ou nouvellement créées, ont fait l'objet d'un effort de renforcement des activités de protection et des

outils de gestion et de suivi de la biodiversité dans le volet conservation. Des Projets de Conservation et de Développement Intégrés (PCDI) ont été alors mis en œuvre avec des initiatives de développement à l'endroit des communautés vivant dans et/ou autour de ces aires protégées. En particulier, les revenus collectés à partir des Droits d'Entrée dans les Aires Protégées (DEAP) ont été réinvestis pour financer les microprojets de développement. Tout ceci a également été fortement supporté par les bailleurs de fonds.

Les expériences de la première phase du PAE ont très vite démontré que la démarche, bien que louable comme premier pas, était difficilement soutenable à long terme du fait de la faiblesse de la prise en considération de la viabilité économique des PCDI (Zeller et al. 1998). Il a été aussi constaté que l'étendue des impacts des PCDI était somme toute limitée car très localisée et ponctuelle, alors que les intérêts et les enjeux engendrés par leur mise en place dépassaient de loin leurs limites géographiques.

3.1.2. Le Programme Environnemental II

Ces constatations ont entraîné une approche plus régionale lors de la deuxième phase du PAE. Cette phase, qui fut lancée en 1996, préconise d'intensifier les interventions sur le terrain et de mieux déterminer le rôle de l'Etat et de ce qu'on appelle les Collectivités Territoriales Décentralisées. De même, les partenaires dans la mise en œuvre du PAE, dont les associations, les ONG œuvrant dans le domaine de l'environnement et les opérateurs privés, devaient avoir des rôles plus importants et mieux définis. Fixer les règles et les cadres institutionnels de cette mise en œuvre a aussi été projeté. Sur le terrain, cette période coïncide avec l'avènement de plusieurs concepts mettant en avant l'approche écorégionale de la conservation et de développement. En simple, si la gestion des aires protégées existantes continuait, la promotion d'une approche de conservation d'espaces plus étendus était lancée, comme le lancement de certaines initiatives sur la conservation et la gestion durable de l'écosystème marin ou la gestion des corridors forestiers par exemple. Il y a eu des efforts particuliers pour intégrer les dimensions de développement à des niveaux multiples: local, régional et national.

Mais cette phase semblait avancer à deux vitesses. D'un



côté, les ONG et les acteurs régionaux progressaient à grand pas dans la fixation de visions intégrées d'un développement durable et dans la mise en œuvre de stratégies pour les concrétiser. De l'autre côté, les différentes politiques de l'Etat pour la prise en main de cette dynamique ne suivaient pas. Effectivement, la décentralisation n'était pas encore effective et les responsables régionaux n'étaient pas encore prêts, techniquement et financièrement, à conduire ces initiatives de grande envergure. De plus, les politiques sectorielles n'étaient ni clarifiées ni cohérentes, si jamais elles existaient. Ces politiques sectorielles ne permettaient pas de bâtir des stratégies d'intégration ou de synergie des actions de conservation et de développement pour en optimiser les gains.

3.1.3. Le Programme Environnemental III

Les finalités de la troisième phase du PAE étaient la conservation et la valorisation de l'importance et de la qualité des ressources naturelles pour permettre une croissance économique durable et une meilleure qualité de vie. Ces finalités ne sont considérées atteintes que par l'adoption des modes de gestion durable des ressources naturelles renouvelables et de conservation de la biodiversité par les communautés, et par l'assurance de la pérennisation de la gestion des ressources naturelles et environnementales au niveau national. De plus, la troisième phase du PAE s'est donnée le défi de faire du souci environnemental un réflexe jusqu'au niveau même des communautés. Le succès devait reposer largement sur l'acceptation par tous du principe « gagnant-gagnant ». C'est un système qui impose la considération des externalités et des bénéfices environnementaux dans l'équilibre conservation et développement. Ce système se décline en plusieurs objectifs spécifiques touchant plusieurs aspects, allant de la gestion des divers écosystèmes à la bonne gouvernance environnementale, en passant par le changement de comportement. Les organisations de la société civile telles que les ONG ou les associations ont fortement marqué les orientations de cette dernière phase. Celle-ci fut également complétée par de nombreuses autres actions sur le plan sociopolitique ; en particulier, les objectifs du Document Stratégique pour la Réduction de la Pauvreté (DSRP), l'engagement de Durban et le Madagascar Action Plan (MAP), actions qui sont expliquées plus en détail dans

la prochaine section de ce module.

Bien que les objectifs de la troisième phase du PAE soient louables et valides, la réalisation sur le terrain présente parfois des défis presque insurmontables. Les outils et instruments techniques et institutionnels étaient bien disponibles et les ressources financières bien engagées ; cependant, le long processus de changement de comportement était ralenti par des facteurs difficilement maîtrisables. Il y avait, par exemple, le rôle ambigu de l'Etat au niveau de ses différentes structures, les complications dans la mise en commun des stratégies et politiques des différents secteurs, les interventions accaparant les partenaires techniques et financiers, etc. Par ailleurs, si le mot d'ordre était de conduire un développement rapide et durable, ces deux principes étaient difficilement conciliables sur terrain lorsque les enjeux impliquaient la participation d'une population qui sort juste d'un quart de siècle de laisser aller et de négligence. Un autre grand défi concernait aussi la mise en œuvre des modèles de co-gestion qui devaient entraîner une situation de « gagnant-gagnant » entre toutes les parties prenantes.

3.1.4. La Vision « Madagascar Naturellement »

En 2003, Madagascar s'est engagé dans une phase particulièrement ambitieuse de sa politique de conservation. C'est en effet à ce moment que la Vision « Madagascar naturellement » fut lancée par Marc Ravalomanana quand il était encore Président de la République. Lors du Cinquième Congrès Mondial sur les Aires Protégées qui s'est tenu à Durban, Ravalomanana a effectivement annoncé officiellement : « Mon rêve, que j'appelle 'Madagascar Naturellement,' est de bâtir une économie forte, d'investir dans notre peuple, et de maintenir les précieux trésors naturels de notre nation ». Du point de vue de la conservation, l'Engagement de Durban s'est traduit par le triplement de la surface des aires protégées dans tout le pays (de 1,7 millions d'Ha à 6 millions d'Ha). Cet engagement a aussi enclenché la création de nouvelles aires protégées, terrestres et marines, qui suivent la catégorisation de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN). Ceci a abouti à la promotion du concept de Système des Aires Protégées de Madagascar (SAPM). Du point de vue de développement, l'engagement de Durban s'est traduit



par l'adhésion de Madagascar aux conventions diverses et à l'ouverture de l'Administration au partenariat avec les secteurs privés. La Vision « Madagascar Naturellement » s'est voulu explicitement favorable à la gestion durable des ressources naturelles. Elle a exprimé une forte volonté de prendre comme base du développement les richesses et les opportunités qu'offre la nature luxuriante de l'île et les valeurs culturelles de sa population.

La crise politique de 2009 a interrompu cet élan. Madagascar a dû faire face à de nombreuses difficultés, y compris la réduction des financements et à la restriction du personnel travaillant pour la conservation, mettant en péril les acquis en conservation et en développement. Les préoccupations ont changé et le pays a dû se préoccuper de problèmes particuliers comme la résurgence du trafic de bois de rose, la recrudescence de la consommation de viande sauvage, etc. Lors du Sixième Congrès Mondial sur les Aires Protégées à Sydney en novembre 2014, Madagascar a néanmoins pu montrer qu'il a tenu ses engagements pris à Durban en ayant triplé la superficie des aires protégées malgré les cinq années de crise politique, de 2009 à 2013.

3.2. Dans les Approches Sociopolitiques

Dans le passé, de nombreuses actions sociopolitiques focalisées sur le développement à Madagascar incluait aussi des efforts d'intégration de la dimension environnementale ou des efforts favorables aux activités de conservation. Pour illustration, cette section mentionne brièvement le « Document Stratégique pour la Réduction de la Pauvreté », le « Madagascar Action Plan », la « Lettre de Politique Nationale sur la Décentralisation et la Déconcentration » et le « Document de Stratégies et Plans d'Actions Nationaux pour la Biodiversité ».

3.2.1. Le Document Stratégique pour la Réduction de la Pauvreté

En 2000, le « Document Stratégique pour la Réduction de la Pauvreté » (ou DSRP) a été élaboré avec pour principal objectif de réduire le taux de pauvreté de moitié en 10 ans. L'élaboration de ce programme s'est beaucoup appuyée sur l'approche participative des divers acteurs économiques, de l'administration, de la

société civile ainsi que des communautés rurales. Très vite, la prise en compte des problèmes environnementaux a été décidée, étant donné que ces derniers pourraient conditionner l'avenir du pays. Une étude sur la meilleure manière d'intégrer la dimension environnementale dans le DSRP a alors été conduite (N'Guessan 2002). Parmi les recommandations émises figure la nécessité d'améliorer la gestion foncière en milieu rural et la recherche d'alternatives pour éviter que les activités de développement des communautés locales ne dégradent l'environnement dans son ensemble.

3.2.2. Le Madagascar Action Plan

La Vision « Madagascar Naturellement », mentionnée précédemment, a entraîné l'élaboration d'un document cadre pour la réduction de la pauvreté appelé MAP ou « Madagascar Action Plan ». A partir de 2004, ce dernier est devenu la feuille de route pour le développement rapide et durable du pays. Le MAP s'articule autour de huit engagements, chacun contenant des défis clairs et des objectifs cohérents avec les Objectifs du Millénaire pour le Développement (Nations Unies 2000). Dans ces engagements, le principe directeur est l'utilisation durable des ressources naturelles et l'internalisation des dimensions environnementales dans la politique globale et dans les politiques sectorielles de développement. Les principes de mise en œuvre du MAP ont été clairement indiqués ; en gros, ils dépendent beaucoup des résultats obtenus par les différentes agences de mise en œuvre. Mais c'est surtout la mobilisation des communes et des communautés de base pour insérer les considérations environnementales dans leur Plan de Développement Communal qui constituaient le premier pas décisif dans l'appropriation des enjeux de l'ambitieuse vision de « Madagascar Naturellement. » Encore fallait-il que les divers documents clés soient mis en valeur à bon escient et soient effectivement appliqués les autorités communales pour une véritable amélioration de la gouvernance locale.

3.2.3. La Lettre de Politique Nationale sur la Décentralisation et la Déconcentration

Des mesures décisives ont été prises par le Gouvernement pour officialiser la mise en place des Régions. Ces nouvelles institutions ont apporté une



nouvelle dynamique politique et entraîné une nouvelle configuration du leadership dans la conduite des interventions de développement. Les textes prévoient en effet un rôle de coordination du développement dans leur circonscription respective pour les autorités régionales. La « Lettre de Politique Nationale sur la Décentralisation et la Déconcentration » (ou LP2D) du service public est clarifiée et a ainsi vu le jour en 2005 avec le programme national de sa mise en œuvre. C'est une réforme qui mise sur trois axes stratégiques. D'une part, il y a la consolidation de la décentralisation par le renforcement des capacités et de l'autonomie des structures régionales et communales, vers une meilleure gouvernance locale. D'autre part, il y a l'orientation de la déconcentration par l'appui des services techniques déconcentrés aux collectivités territoriales décentralisées. Mais il y a surtout l'importance donnée à la participation citoyenne à tous les niveaux et le développement de partenariats.

3.2.4. Le Document de Stratégies et Plans d'Actions Nationaux pour la Biodiversité

Afin de mettre en œuvre le Plan Stratégique pour la Diversité Biologique pour la période de 2011 à 2020 et les Objectifs d'Aichi, et faisant suite aux initiatives précédentes, Madagascar est en train de réviser ses Stratégies et Plans d'Actions Nationaux pour la Biodiversité afin d'en faire un instrument de politique nationale. Suivant un processus consultatif, ce document est composé de toute une gamme d'éléments (comme des lois, des programmes de recherche, des projets, etc.) pour atteindre les objectifs de la Convention sur la Biodiversité. Le premier principe directeur de cette stratégie est de maintenir la relation entre la conservation de la biodiversité et le développement économique, social et bien-être matériel et spirituel du peuple. Ce document inclue également les principes du partage des avantages tirés de la biodiversité, le partenariat multisectoriel, la considération des ressources naturelles comme un capital. Il est clair que l'amélioration du bien-être des populations, surtout rurales, reste encore en 2015 une préoccupation majeure qui n'a pas encore été répondue.

Ces réformes devaient renforcer les initiatives en faveur de programmes environnementaux en harmonie avec les objectifs de développement. Mais

il ne suffit pas de décréter des réformes, surtout des réformes profondes comme la décentralisation. De telles réformes s'acquièrent et se fortifient avec l'expérience. En particulier, l'élaboration et la diffusion des différents outils de gestion de l'administration et du développement à l'endroit des Communes et de Régions se fait de façon progressive. Leur capacité de maîtrise d'ouvrage reste encore à bâtir. Le transfert de compétence n'a pas toujours été suivi du transfert des ressources et des moyens mettant les communes et les régions dans une position inconfortable par rapport à leur mission de coordination du développement. Les collectivités territoriales décentralisées ont encore du mal à transcrire le pouvoir politique qu'elles détiennent en force de développement, faute de moyens. Des efforts sont encore à faire pour que l'intégration de la conservation et du développement se fasse de manière plus effective au sein des collectivités concernées.

4. PRATIQUES DE L'INTEGRATION DE LA CONSERVATION ET DU DEVELOPPEMENT

Sur le terrain, à l'intérieur et/ou autour des aires protégées, les actions de conservation et les actions de développement essaient généralement de prendre en considération les deux concepts. Tout comme dans les diverses politiques de conservation et dans les approches sociopolitiques, la mise en œuvre effective rencontre souvent des difficultés, parfois inattendues. Afin d'alimenter la réflexion, quelques exemples d'action de conservation et d'action de développement sont discutés dans cette section.

4.1. Dans les Actions de Conservation

4.1.1. Les Activités de Reboisement

Depuis des décennies, en continuation des politiques coloniaux, le reboisement a toujours été considéré comme une priorité par les différents gouvernements afin de répondre à des objectifs écologiques et sociaux.

D'une part, il y avait les efforts de reboisement se focalisant surtout sur des objectifs écologiques, particulièrement sur les hautes terres de Madagascar (Gabathuler et al. 2014). Un certain nombre de stations forestières ont ainsi été installées, par exemple à Manjakatempo



où étaient menées des études sur le comportement de diverses espèces exotiques et autochtones pour protéger les forêts endémiques et pour supporter les efforts de reboisement. Des campagnes de reboisement ont aussi commencé à avoir lieu tous les ans sous la conduite du ministère chargé de l'environnement et des forêts. Par ailleurs, divers projets ont été lancés, dont certains en collaboration avec les communautés locales pour s'assurer que ces initiatives apportent également des avantages économiques localement. Ce fut dans cette optique que le ministère a mis en place le Projet d'Appui au Reboisement Villageois (PARV) dans les années 80. Le premier PARV concernait, par exemple, le projet de reboisement pour la stabilisation du bassin versant de la rivière Sisaony (voir détails en Annexe 1). Il y avait enfin les divers projets menés par des associations et ONGs, surtout ceux commencés dernièrement en vue de restaurations forestières et écologiques.

D'autre part, il y avait les initiatives de reboisement avec des objectifs plus économiques et ciblant des zones à potentialité pouvant favoriser le développement de nouvelles unités industrielles, comme les huileries ou les usines de pâte à papier (Ramakavelo 1999). Ainsi, certains reboisements industriels étaient menés dans le cadre de la politique dénommée « les grandes opérations agricoles » qui fut déployée par le ministère chargé de l'agriculture vers la fin des années 60. Cette politique visait à stimuler la relance des industries agricoles par la création de cultures à l'échelle industrielle pour approvisionner en matières premières les agro-industries prioritaires. Ceci a été fait dans le but de fournir à l'économie nationale, d'une part, des produits de substitution à l'importation et, d'autre part, des produits nouveaux pour l'exportation. Pour la production d'huile par exemple, il a eu la création de SOMAPALM avec ses plantations de palmiers à l'huile à Toamasina et la création de SOVOANIO avec ses plantations de cocotiers à Sambava. Mais les grandes opérations agricoles n'étaient pas les seules initiatives de reboisement industrielles. Par exemple, il y avait la mise en place des plantations de conifères afin d'approvisionner un projet d'usines de pâtes à papier destinées à l'exportation. C'est ainsi que les plantations du Haut Mangoro (encore appelées Fanalamanga) et les Périmètres de Reboisement de la Haute Matsiatra furent créés dans les années 50s et 60s. En dehors de la

mise en place de nouvelles industries, il y avait aussi les reboisements pour assurer l'approvisionnement en bois d'énergie, comme dans l'exemple du projet SEESO ou « Synergie Energie Environnement dans le Sud Ouest » avec des plantations d'eucalyptus, acacias et autres essences autochtones à Tuléar entre les années 2008 et 2011 pour la production de charbon de bois.

Mais si les efforts de reboisement avaient quelques fois du succès à l'échelle locale, ils offraient des résultats relativement mitigés à l'échelle nationale. Les efforts de reboisement qui ont connu de véritables succès étaient généralement menés dans le respect des règles de l'art. Le reste était souvent tombé dans le piège d'une mobilisation générale pour planter les jeunes plants, sans aucun souci pour le suivi ou l'entretien, contribuant ainsi de manière trop limitée à la lutte contre la déforestation. Même pour les plantations agricoles et industrielles, la gestion et l'entretien étaient parfois problématiques. Par exemple, les plantations du Haut Mangoro et de la Haute Matsiatra mentionnées ci-dessus n'ont jamais pu atteindre leurs seuils de rentabilité, remettant en question la construction même de l'usine à papier. À l'abandon de ces projets, les plantations subissent les affres des feux et des cyclones et finissent par être quasiment détruites.

Il faut noter que les initiatives de reboisement étaient typiquement combinées avec d'autres approches pour contrer le déboisement à Madagascar. Par exemple, la lutte contre les feux, surtout ceux de pâturage, va souvent de pair avec les activités de reboisement. Les résultats dans ce domaine sont cependant très précaires étant donné qu'une recrudescence des feux est toujours à craindre chaque fois qu'il y a des événements politiques à Madagascar. Cela a été très clairement observé avec l'augmentation des superficies de forêt incendiées lors la crise politique de 2009 (PNUD 2012). Et bien que les feux soient connus pour avoir des impacts désastreux sur les forêts malgaches, Bertrand et al. (2014) rapporte que leur contrôle semble être considéré comme une priorité secondaire, surtout comparé au défi posé par la gestion locale des ressources naturelles.

4.1.2. Les Restaurations Forestières

La conservation des forêts malgaches ne se limite pas



aux efforts de reboisement. Il y également la restauration des paysages forestiers que Razafy (2004) a défini comme un processus planifié qui a pour but de regagner l'intégrité écologique et d'améliorer les conditions de vie des humains vivants dans ces paysages déboisés ou dégradés. Au-delà de la plantation d'arbres pour protéger les forêts naturelles restantes, pour l'amélioration de la connectivité entre les fragments de forêts et pour booster les services écologiques, le processus de restauration des paysages forestiers comporte aussi des initiatives pour promouvoir le développement local. Dans l'identification des zones prioritaires pour la restauration, il y a, par exemple, une prise de considération pour l'évolution des activités agricoles qui assurent la survie des communautés locales. Il y a également des appuis aux activités de subsistance en lien direct avec le maintien ou la restauration des forêts. Parmi les plus anciennes initiatives se trouve le projet lancé en 1982 avec l'appui du PNUD et de la FAO pour la restauration et la mise en valeur des jachères (*savoka*) qui sont les forêts secondaires installées sur les parcelles de *tavy*.

Le rapport de Conservation International (2011) recense presque une vingtaine de projets de restauration forestière à travers Madagascar et rapporte des résultats notables, non seulement du point de vue de la conservation mais également des avantages sociaux et économiques. Dans les cas où les communautés sont autorisées à poursuivre leurs activités sur les sites de restauration, l'augmentation des bois de chauffe disponibles, des gibiers et des autres produits non ligneux vendus sur les marchés locaux semble fortement appréciée par les ménages. Mais même sans avoir accès aux sites de restauration, les communautés reçoivent aussi des bénéfices à travers les droits de recherche dans les sites, les formations aux techniques agricoles et artisanales améliorées, ainsi que les appuis aux activités génératrices de revenus qui accompagnent souvent les projets de restauration forestière.

4.1.3. Le programme de compensation des dommages

Dernièrement, le concept de « biodiversity offset » ou programme de compensation des dommages aux écosystèmes et à la biodiversité a aussi été introduit à Madagascar (BBOP 2013). C'est une approche à la restauration qui est surtout utilisée par les grandes

industries extractives comme compagnies minières. L'idée de base est de compenser la perte en biodiversité sur le site d'extraction minière en renforçant la capacité pour la conservation de la biodiversité dans un ou plusieurs autres sites. Les gains en biodiversité sur les sites de conservation doivent, au minimum, être équivalents aux pertes en biodiversité sur les sites d'extraction ; sinon plus. Typiquement, au concept de « biodiversity offset » est associé une analyse des coûts et bénéfices pour les communautés locales vivant à l'intérieur ou aux alentours des sites choisis pour la conservation (BBOP 2009). En proposant et en supportant des activités alternatives pour le développement de la région, l'objectif est d'abord de compenser les pertes ressenties par les communautés locales, suite à la mise en place des sites de conservation. Ces alternatives permettent également de diminuer les pressions anthropiques pesant sur les ressources naturelles, offrant par la même occasion plus de chance de succès à la conservation de la biodiversité dans ces sites.

Certaines réserves ont été émises dans l'adoption du concept de « biodiversity offset » à Madagascar. Par exemple, Waeber (2012) pose la question : Dans quelles mesures est-ce que la biodiversité sur un site d'extraction peut être comparée avec la biodiversité dans des sites de conservation, sites distants de plus de 70 km dans le cas du projet Ambatovy de Sherritt qui extrait du nickel et du cobalt dans l'Est de Madagascar ? Bull et al. (2013) sont d'ailleurs d'avis que l'état actuel des connaissances dans la mesure de la biodiversité ne permet pas encore de vraiment mettre en place un tel programme de manière satisfaisante. En théorie, le processus de calcul des compensations est problématique tandis que la projection concernant le succès des différentes initiatives reste incertaine. En pratique, il y a en plus le problème de vérification des conformités aux normes établies. L'application du concept de « biodiversity offset » par Rio-Tinto QMM, qui extrait de l'ilménite dans le Sud-Est de Madagascar, a été évaluée par Virah-Sawny et al. (2014). Il a alors été démontré que les systèmes de mesure des paramètres biologiques n'ont pas été conduites de manière systématique. De plus, les indicateurs choisis pour estimer l'impact du projet sur les communautés locales n'étaient pas encore appropriés.

Dans tous les cas, que ce soit à travers la délimitation



de zones de conservation dans les aires protégées, le reboisement, la lutte contre les feux, la restauration, etc., Madagascar se doit de multiplier ses efforts pour renforcer son capital forêt. Ces efforts permettraient, en plus, au pays de bénéficier d'opportunités de financement attrayantes, comme celles offertes par les systèmes de paiement des services environnementales ou par le mécanisme de Réduction des Emissions issues de la Déforestation et de la Dégradation des Forêts (REDD).

4.2. Dans les Actions de Développement

4.2.1. Les Nouvelles Techniques Agricoles

Il a été mentionné plus haut que la faiblesse de la production agricole pouvait engendrer deux impacts majeurs : la pauvreté des communautés sous plusieurs formes (la malnutrition, le bas revenu, mais également la déscolarisation, etc.), ainsi que la dégradation des ressources naturelles à partir des modes de gestion non durable et des pratiques néfastes. L'amélioration de la production agricole est ainsi devenue une des priorités du Gouvernement et des projets de développement.

En milieu rural, l'intensification agricole vise à améliorer le rendement pour assurer la sécurité alimentaire et pour subvenir aux autres besoins des communautés à partir des revenus générés. La riziculture est celle qui a été principalement visée par le Gouvernement, vu que c'est la plus importante culture malgache. De plus, l'amélioration de la production rizicole devrait aussi entraîner la sédentarisation d'une certaine partie des communautés rurales, qui autrement, seront toujours à la recherche de terres arables et propices à l'exploitation agricole. En général, l'intensification agricole consiste à promouvoir des techniques plus rentables. Les communautés sont invitées à adopter des pratiques et des moyens de productions plus modernes. Parmi les plus approches les plus communes figurent l'utilisation de semences améliorées, l'utilisation de fertilisants pour palier la pauvreté des sols, la petite mécanisation pour mieux rentabiliser la main-d'œuvre, et l'amélioration des systèmes d'irrigation. Plusieurs techniques culturelles sont aussi approfondies et vulgarisées dans plusieurs domaines, tel le Système de Riziculture Intensif ou SRI, le compostage pour valoriser les approches biologiques

dans l'amélioration de la fertilité des sols, la technique du semis direct et la culture sous couvert végétal.

L'intensification de la production rizicole est souvent accompagnée d'une autre stratégie qui est la diversification agricole. Elle vise à étendre la gamme de produits, au-delà du riz. Plusieurs pratiques ont été vulgarisées, tels le maraîchage et l'agroforesterie. L'intensification et la diversification agricole ont entraîné aussi une meilleure maîtrise de l'exploitation des collines (« *tanety* ») qui était une zone agroécologique jusqu'ici sous-exploitée autre que la riziculture sur brûlis. Les différentes techniques de défense et restauration des sols sont diffusées et vulgarisées, comme la technique de plantation le long des courbes de niveau, la stabilisation des terrasses, etc.

Des formations pour l'utilisation des nouvelles techniques agricoles font souvent partie des activités proposées autour des aires protégées. Certaines communautés reçoivent même des supports techniques et financiers. Une étude menée dans le Menabe Central a d'ailleurs confirmé qu'améliorer les techniques agricoles permettent vraiment de sédentariser les communautés et de diminuer le défrichement d'autres forêts (Ramohavelo et al. 2011).

Malgré cela, autour des aires protégées comme dans les autres parties de l'île, changer les pratiques agricoles semble difficile, non seulement à cause des moyens techniques et financiers disponibles mais également à cause du poids des traditions ; et ce, même si les communautés sont conscientes du caractère plus productif des approches proposées. Delille (2011) cite plusieurs exemples. Dans certaines régions, l'utilisation d'engrais à base d'excréments d'animaux est freinée à cause du fait qu'il est tabou de transporter ces produits sur la tête. Dans le cas du SRI, de nombreuses communautés restent très réticentes à investir dans du matériel agricole ou dans les intrants nécessaires, souvent par peur d'endettement. De plus, les efforts exigés pour pouvoir maîtriser l'eau et satisfaire les besoins du SRI découragent plus d'un. Dans le cas Système direct de Couverture Végétale ou SCV, un système introduit à Madagascar dans les années 90s pour freiner l'érosion des sols et pour protéger les cultures contre les aléas climatiques n'a reçu qu'un accueil mitigé, les



communautés locales se disant réticentes à cultiver des plantes non comestibles ayant des racines adventives.

En fait, certaines techniques qui marchent bien dans les autres pays ont du mal à percer à Madagascar. Serpantié (2009) cite le cas de l'agriculture de conservation, une technique encouragée par la FAO depuis le début des années 2000. L'agriculture de conservation obéit à trois principes : travail minimal du sol, couverture du sol en permanence et multiculture pour pouvoir restaurer l'activité biologique naturelle des sols. C'est une technique qui facilite le travail des communautés sans le besoin de matériels sophistiqués. Elle annule aussi les besoins en engrais. Testée dans le bassin versant du Lac Alaotra depuis 2003, la technique est surtout restée dans la région ; les objectifs « environnementaux » à grande échelle étant encore loin d'être atteints. On suspecte que la technique n'a pas encore convaincu les communautés par manque de temps et par manque de comparaison réelle avec les pratiques traditionnelles et autres techniques existantes. Il est clair que toute nouvelle technique proposée ne sera adoptée que si elle a fait ses preuves comme option concurrentielle et surtout si les communautés locales ont activement participé dans l'implantation et dans l'adaptation de la technique aux besoins et contraintes locales. L'exemple de l'agriculture de conservation indique bien que ce ne sont pas toutes les techniques qui pourraient être appropriées pour Madagascar.

4.2.2. Les Activités Génératrices de Revenus Favorables à l'Environnement

Les Activités Génératrices de Revenus (AGR) favorables à l'environnement ont celles qui permettent aux communautés vivant dans et/ou autour des zones à haute importance biologique de bénéficier directement des retombées économiques de leurs actions en harmonie avec la conservation. Il s'agit typiquement d'activités qui utilisent et valorisent directement les ressources naturelles sans nuire à l'environnement.

Parmi les activités génératrices de revenus, il y a par exemple l'apiculture, la sériciculture, la pisciculture, l'élevage de papillons, etc. Ces activités ont le mérite, non seulement de générer des revenus pour les communautés concernées, mais de les inciter surtout

à protéger les habitats dans lesquels ces activités sont menées. Une autre filière prometteuse est l'artisanat, comme la vannerie ou la production de produits alimentaires à partir de la transformation des fruits sauvages, etc. Ici, la biodiversité est la matière première, c'est le talent des communautés qui complète le tout! Plusieurs projets d'assistance technique ont investi dans le développement et la promotion de ces diverses filières. Malheureusement, les meilleures pratiques ne sont pas toujours bien partagées, et les résultats ne peuvent profiter à un plus grand nombre. Par ailleurs, la plupart des activités génératrices de revenus sont affectées par l'accès au marché. Non pas que ce marché n'existe pas, mais il est souvent éloigné, les acheteurs étant essentiellement les populations urbaines et les étrangers. De ce fait, les communautés en zones rurales y ont difficilement accès. Ces initiatives sont aussi très limitées en envergure due à d'autres paramètres, y compris la disponibilité limitée de capital et la difficulté d'accéder aux systèmes de crédits.

Mais ce sont probablement les activités liées à l'écotourisme qui sont les plus productrices à Madagascar (voir Annexe 2 pour l'exemple du Saha Forest Camp). Sous la conduite de l'Association Nationale pour la Gestion des Aires Protégées (ANGAP, devenue Madagascar National Parks), des efforts considérables ont été consentis pour que les parcs nationaux de Madagascar soient dotés d'infrastructures adéquates. Ces dernières sont, en effet, primordiales pour assurer une capacité d'accueil des visiteurs aussi bien nationaux qu'internationaux : des centres d'interprétation, des pistes, des infrastructures de campement, des écolodges, etc. Des guides issus des communautés locales ont été formés, et une dynamique économique favorable aux communautés riveraines est lancée. Par ailleurs, les 50 % des recettes en droit d'entrée dans les aires protégées sont réinvestis sous forme de petits projets de développement au bénéfice des communautés locales.

Parallèlement aux initiatives de MNP, un certain nombre de communautés sont aussi commencées à initier des activités d'écotourisme dans leur territoire. Cela est réalisé par la création et la gestion de circuits et par la conservation des ressources de façon durable. Malheureusement, les investissements en minimum d'infrastructures d'accueil font défaut, en plus du



fait que les sites sont parfois très éloignés, voire isolés. La capacité technique et organisationnelle des communautés est un autre volet qu'il faut renforcer si celles-ci devraient passer à la phase professionnelle de fournisseurs de service. Même si les opérateurs privés sont prêts à investir, pour que ces initiatives soient équitables, il faut que les communautés y trouvent leur place, non seulement en tant que bénéficiaires mais surtout en tant que partenaires.

4.2.3. La Gestion Communautaire des Ressources Naturelles

Depuis quelques décennies que les promoteurs des actions de conservation au niveau mondial ont soulevé les impacts sociaux de la mise en place des aires protégées. Ces promoteurs ont alors admis que, tant que les communautés locales ne sont pas en phase avec la gestion de aires protégées et des ressources naturelles, cette dernière ne pourra pas être pérennes (Adams et Hutton 2007). A Madagascar, la participation des communautés locales à la gestion des ressources naturelles est assurée par la promulgation de la loi 96-025 du 30 septembre 1996. Cette initiative – qui fut lancée suite à la constatation que le mode de gestion antérieur marqué par l'interventionnisme de l'Etat, avec son caractère centralisateur et répressif – a échoué. Les agents placés par l'Etat pour gérer et surveiller l'utilisation des ressources naturelles et pour punir les infractions ne pouvaient faire face à l'ampleur de la tâche. Leur inefficacité ont permis aux communautés d'avoir un accès incontrôlé aux ressources naturelles, entraînant la dégradation rapide de ces dernières (Razafindrabe 1998).

La loi 96-025 comporte une composante opérationnelle appelée Gestion Locale Sécurisée ou « GELOSE » qui met en place les instruments et outils institutionnels, réglementaires et opérationnels pour la gestion des ressources naturelles par les communautés locales. Cet aspect du développement local est discuté en détail dans un autre article de ce même volume (voir *La Gestion Communautaire des Ressources Naturelles*). Par extension, cette loi est devenue la loi GELOSE qui contractualisait les communautés locales, les communes et les services étatiques concernés. Plus de 90 % des transferts de gestion concernent les ressources

forestières, rendant les communautés responsables de la conservation des ressources se trouvant sur leurs terroirs tout en jouissant de certains droits d'usage, y compris certaines formes de valorisation économique comme l'écotourisme ou l'exploitation des produits secondaires non ligneux. La loi GELOSE s'accompagne aussi d'une Sécurisation Foncière Relative (SFR) qui permet de consolider officiellement les droits d'occupation des terrains par les membres de la communauté et délimite les espaces et ressources concernées par le transfert. Toutefois, il ne s'agit pas d'une sécurisation foncière absolue: le cadastrage des terrains n'est donc pas possible.

Après plusieurs années de mise en œuvre de la loi GELOSE, il était clair que les procédures préconisent des dispositions souvent difficiles à réaliser. Ces procédures prévoient, par exemple, l'implication obligatoire de médiateurs environnementaux pour faciliter les relations entre les parties prenantes dans la mise en commun de leurs intérêts. Belvaux et Randrianarisoa (2007) rapportent que, dans la plupart des cas, l'insertion de cet arbitre « étranger » dans les diverses discussions s'avère plus que problématique. La formation de ces médiateurs a été assurée par des organismes différents et a été effectuée sans véritable canevas de programme commun. Il est ardu de trouver des médiateurs environnementaux sur le marché du travail. Les engagements de disponibilité des médiateurs assermentés ne sont pas toujours respectés, etc. De plus, certains textes essentiels à la mise en application de la loi GELOSE manquaient encore ; par exemple, l'arrêté fixant les types de ressources « transférables ».

En 2001, le décret 2001-122 paru pour fixer les conditions de mise en œuvre de la Gestion Contractualisée des Forêts de l'Etat, encore connu sous le nom de GCF afin de faciliter la mise en œuvre du transfert de gestion des ressources forestières. Ce décret a supprimé l'implication des médiateurs environnementaux et a évité l'aspect sécurisation foncière qui était considéré comme fastidieux et rallongeait considérablement le processus. Malheureusement, de ces faits, ce décret ne respecte pas les obligations de la loi GELOSE qu'il est sensée renforcer.

En 2003, le réseau des Transferts de Gestion des



Ressources Naturelles (r-TGRN) fut mis en place pour assurer la coordination et la mise en œuvre du suivi-évaluation des divers contrats. Faute de leadership et de moyens, le réseau peinait à assurer ses tâches, surtout face à l'enthousiasme des communautés et des organismes d'appui à s'engager dans le transfert de gestion. En effet, près de 300 contrats furent signés dès les trois premières années probatoires ; un nombre qui n'a pas arrêté d'augmenter progressivement depuis. Certains des transferts de gestion étaient à vocation de conservation stricte, d'autres incluaient diverses formes de valorisation des ressources forestières. La diversité et complexité des approches proposées faisaient que le réseau n'arrivait plus à évaluer et à renouveler tous les contrats à temps, rendant les contrats caducs et laissant les communautés dans une situation irrégulière de vide juridique. C'est une situation qui présente des risques de dérive, tant au sein des communautés désemparées que des profiteurs provenant de l'extérieur.

Le colloque national sur le rôle et place des transferts de gestion (MEF 2013) a souligné les difficultés rencontrées sur terrain pour la mise en œuvre mais surtout pour le suivi des contrats de transfert de gestion. L'intérêt des différentes parties prenantes locales étant trop souvent divergentes, il est difficile d'aboutir à un consensus qui soit acceptable pour tous, tout en atteignant les objectifs d'un objectif durable. Décider des différents indicateurs à considérer devient alors problématique. Combiner les vues de ONGs, chercheurs et différents organes d'appui rend la tâche d'évaluer le système de gouvernance encore plus ardue. Même entre scientifiques seuls, il est plus que jamais nécessaire d'arrêter les conflits méthodologiques et d'adopter une approche holistique et interdisciplinaire. Il est plus que temps d'harmoniser toutes les étapes pour un transfert de gestion véritablement efficace à travers le pays. Jusque là, les impacts des transferts de gestions sont encore mitigés, que ce soit en termes de conservation ou de développement. Il faudra vraiment pousser vers une appropriation de l'approche et des diverses techniques pour le transfert de gestion par les communautés locales est à pousser et ce n'est pas un accompagnement de deux ou trois ans qui permettra d'atteindre cet objectif. Il reste encore beaucoup de travail avant que le transfert de gestion ne réponde à ses promesses.

5. PERSPECTIVES POUR LE FUTUR

Les exemples de mesures, actions et solutions discutées ci-dessus ont donné un aperçu des difficultés existant dans les initiatives de conservation, dans les actions de développement, ainsi que dans les efforts pour concilier les deux. Cette partie propose quelques pistes de réflexion dans l'objectif que Madagascar s'est fixé : conserver sa biodiversité unique et redressant l'état d'extrême pauvreté de sa population, surtout en milieu rural. Certaines des opportunités pouvant supporter Madagascar dans cet objectif, pour renforcer les acquis précédents et pour préparer le pays à s'ouvrir sur de nouvelles idées sont aussi discutées.

5.1. Les Opportunités de Financement à Saisir

5.1.1. Le Paiement pour les Services Ecologiques

Dernièrement, le Paiement des Services Environnementaux et/ou Ecologiques, plus connu sous le nom PSE, est l'une des opportunités de financement disponibles pour les projets intégrant la conservation et le développement, surtout pour les pays en voie de développement. Le principe repose sur le fait que l'effort de ceux qui contribuent au maintien de ces services écologiques devrait être rétribué justement. Ces mécanismes devraient alors générer de nouvelles opportunités d'amélioration des conditions de vie des communautés rurales, parallèlement à leurs impacts sur la conservation des écosystèmes.

A Madagascar, plusieurs projets sont déjà initiés dans ce sens et devraient en théorie faciliter l'application de ce mécanisme dans le pays. Les services hydrologiques sont largement reconnus et commencent à être valorisés comme cela est illustré dans quelques PSE « eau ». En fait, bien avant que le concept de PSE ne soit vulgarisé, la WWF avait déjà encouragé les communautés vivant autour du bassin versant de Sahamazava à participer à la protection du bassin versant (interdiction de cultures, reboisement, etc.), maintenant ainsi la réserve d'eau potable pour la ville d'Andapa. En contre-partie, les communautés de Sahamazava recevaient une partie de la surtaxe venant de la compagnie hydroélectrique JIRAMA. Une approche similaire est adoptée autour du bassin versant d'Antarambivy pour maintenir la réserve



d'eau de la ville de Fianarantsoa ainsi que dans la région de Tolongoina pour permettre un projet d'électrification rurale à base hydroélectrique. Sans minimiser les difficultés rencontrées pour mettre en place le mécanisme de paiement, Andriamahefazafy et al. (n.d. 2011) ont indiqué que continuer à partir d'approches de conservation existant offre à ces PSE « eaux » quelques avantages. Par exemple, le PSE « eau » à Tolongoina s'est construit sur les bases d'un ancien contrat de Gestion Contractualisée des Forêts.

Les PSE « eaux » mis à part, Madagascar commence aussi à s'engager vers d'autres formes ; y compris les PSE « carbone » et PSE « biodiversité » dont les « concours de biodiversité » lancés par Durrell Wildlife Conservation Trust ou les « contrats de conservation » lancés par Conservation International (Andriamahefazafy et al. 2013). De part son importance dans la lutte contre les changements climatiques, la séquestration du carbone par les forêts est l'un des services qui bénéficie de mécanisme PSE « carbone » particulier, à savoir le Mécanisme de Développement Propre et La Réduction des Emissions issues de la Déforestation et de la Dégradation des Forêts ou REDD.

Certains experts veulent aussi promouvoir l'intégration de l'agriculture dans le mécanisme de séquestration de carbone. Des argumentations ont été avancées disant que l'agriculture jouerait également un rôle important en tant que « puits à carbone » dans les sols, les plantes et les arbres. Il fut estimé qu'un recul de la déforestation, la plantation d'arbres, la réduction du travail des sols, l'accroissement du sol de couverture et un aménagement amélioré des pâturages pourraient, par exemple, porter au stockage de plus de 2 milliards de tonnes de carbone dans environ 50 pays entre 2003 et 2012 (FAO 2007). Ainsi, les communautés de la région d'Andapa ont reçu des financements pour implanter des vergers et des plantations de raphia ou d'acacias en échange de l'abandon des cultures sur brûlis autour des bassins versants où sont localisées les principales sources de la région (Rakotondrabe et al. 2014).

Mais tout comme dans le cas des alternatives de productions agricoles, ce ne sont pas toutes les nouvelles tendances qui pourraient être appropriées à Madagascar. Le Coq et al. (2014) ont par exemple

analysé l'utilisation des écolabels comme forme de PSE. Effectivement, les écolabels sont par définition conçus pour fournir des informations aux consommateurs sur les impacts environnementaux des produits qu'ils consomment et pour encourager les producteurs, gouvernements et autres agents à rehausser les exigences environnementales de leurs produits ou services. Ils constituent donc des instruments de marché pouvant promouvoir la conservation de la biodiversité. Mais après avoir considéré le cas des labels « Vanille du Parc Mananara » et celui des soies « Landin'ltasy », il était clair que si les gains en termes de préservation des savoir-faire locaux et en termes de commerce bio-équitable sont reconnus, la contribution vers la conservation de la diversité ne se fait que de manière trop indirecte. De plus, le contrôle des écolabels est encore difficile à Madagascar par manque de moyens.

5.1.2. Le Mécanisme de Développement Propre

Le Mécanisme de Développement Propre (MDP) permet aux pays industrialisés de payer pour des projets qui réduisent ou évitent des émissions de gaz à effet de serre dans des pays moins riches. Les pays industrialisés gagnent ainsi des crédits, appelés couramment « crédits carbone », pouvant être utilisés pour atteindre leurs propres objectifs d'émissions fixés par le protocole de Kyoto. En retour, les pays récipiendaires bénéficient d'injections de technologies avancées « propres » qui leur permettraient de réaliser un développement durable, tout en minimisant leur pollution.

Madagascar a déjà sa « Stratégie Nationale sur le Mécanisme de Développement Propre » ou SN MDP dans laquelle sont tracées les priorités du pays en termes de développement durable. Parmi les axes stratégiques figurent la mise en place d'institutions et de système de gouvernance appropriée ainsi que de programmes de renforcement de capacité afin de créer un environnement favorable aux investisseurs et permettre la mise en œuvre effective du mécanisme. La SN MDP a également identifié une quinzaine de domaines d'activité pouvant bénéficier du mécanisme, mais les plus pressants se rapportent aux énergies renouvelables, à la substitution et à l'amélioration de l'efficacité énergétique ainsi qu'à la gestion des déchets et aux efforts de reboisement. Mais cette opportunité est encore en pleine construction, sur la



méthodologie d'évaluation et de rapportage, le montage institutionnel et organisationnel de financement pour la gestion, mais aussi pour assurer que les retombées soient effectivement retransmises vers les communautés, etc. Et bien que le MDP semble offrir une bonne occasion pour financer le développement durable du pays, les critiques compilées par Demaze (2013) concernant les mauvaises pratiques en MDP sont à considérer, y compris l'injection de certaines technologies qui ne sont pas assez « propres » et qui ne contribuent pas vraiment à la baisse des émissions.

5.1.3. La Réduction des Emissions Issues de la Déforestation et de la Dégradation des Forêts

Réduction des Emissions issues de la Déforestation et de la Dégradation des Forêts ou REDD est également un programme mis en place pour amener les pays en développement à réduire la déforestation et donc les émissions de gaz à effet de serre qui en sont issues, afin d'atténuer le changement climatique. Les pays en voie de développement reçoivent alors diverses aides, y compris technique et financier pour atteindre l'objectif fixé. Ainsi, les pays qui parviennent à réduire leurs taux de déforestation sont compensés pour leurs efforts.

D'une certaine manière, Madagascar a servi de terrain d'exploration du mécanisme REDD en testant plusieurs approches dans le Parc National de Masoala et en apportant des recommandations clés avant que le mécanisme ne soit étendu vers les autres pays. Les mécanismes d'application du REDD furent également peaufinés dans divers projets pilotes à travers Madagascar, le premier étant celui dans la forêt de Makira (voir Annexe 3 pour détails). Tous ces projets pilotes devraient préparer Madagascar à l'élaboration d'une stratégie nationale et à la mise en place d'un système de suivi, déclaration et vérification de la comptabilité du carbone afin que le pays puisse profiter de cette opportunité de financement. Cependant, une enquête menée par Demaze (2014) auprès des acteurs potentiels dans l'adoption du REDD à Madagascar a indiqué qu'il n'y a pas assez de transparence concernant les différents projets et il n'y a pas collaboration réelle entre les initiateurs de projets. D'ailleurs, l'Etat malgache semble encore s'impliquer et semble préférer se cantonner dans les formalités administratives et

les procédures réglementaires classiques. Officialiser l'engagement de l'Etat malgache dans le REDD est une des étapes clés pour la mise en œuvre effective du mécanisme dans le pays.

5.2. Les Défis à Relever

5.2.1. Solutionner le Problème Foncier

Le problème de l'occupation et de l'appropriation des sols a toujours été un problème qui continuera en s'aggravant si l'Etat n'arrive pas à trouver une solution rapidement. Déjà, la délimitation des périmètres de reboisement et des différentes zonations pour les aires protégées ont souvent fait l'objet d'âpres discussions et négociations, surtout de la part des communautés locales qui se retrouvent limités dans leurs accès aux ressources naturelles. Mais, avec le temps, même les frontières des périmètres et zones déjà délimitées peuvent aussi poser problème, l'environnement naturel ne pouvant pas être contenu dans des limites administratives. Ainsi, l'expansion des forêts en dehors des limites des aires protégées est inévitable ; que décider alors dans ces cas là? Faudrait-il, par exemple, étendre les aires protégées pour renforcer les efforts de conservation? Faudrait-il, au contraire laisser les communautés s'en approprier pour y promouvoir leur propre développement ? Et que décider du futur statut des zones actuellement utilisées pour les projets de Paiement de Services Ecologiques?

En fait, le problème s'observe déjà, et de manière bien précise, dans le cas des projets de reboisement communautaire. Quand les plantations s'étendent au-delà des périmètres alloués et arrivent dans les terrains communaux. Les communautés revendiquent le droit d'exploiter les ressources y existant, argumentant que sans les efforts qu'ils ont fournis dans les périmètres de reboisement adjacents, les nouvelles plantations n'auraient jamais eu lieu. Mais le problème de l'appropriation des terres se pose aussi dans le cadre des contrats de transfert de gestion. Et bien que, pour le moment, une Sécurisation Foncière Relative soit allouée aux communautés, leur permettant de jouir et d'utiliser le sol et les ressources s'y trouvant suivant le cahier des charges établi dans leurs contrats, le malaise persiste. La coutume malgache veut que certaines



formes de travail de la terre peuvent permettre aux ménages de réclamer un terrain comme le leur, il est difficile d'ignorer certaines attentes des communautés qui effectuent, années après années, des activités de conservation et de valorisation dans les forêts qui leurs sont confiées. Comme, traditionnellement, les malgaches tissent des liens très forts avec la terre, tout sentiment d'injustice dans ce domaine est très sensible et peut avoir des répercussions imprévisibles car il touche des valeurs culturelles profondément ancrés au sein des communautés.

Dans tous les cas, quelles que soient les options choisies, il y a toujours des avantages et inconvénients à considérer. Le défi pour l'Etat, c'est de savoir fixer les mesures à prendre au niveau national pour pouvoir mettre en place une régulation commune et les latitudes à laisser pour permettre une appréciation des problèmes au cas par cas.

5.2.2. Renforcer la Gouvernance Locale

En s'engageant à renforcer la conservation de sa biodiversité unique, surtout suite à la mise en place du Système des Aires Protégées de Madagascar, un certain nombre de principes ont été retenus pour diriger ces nouvelles aires protégées. L'implication de la communauté locale, dès les premières étapes de la mise en place des aires protégées mais également pendant la gestion des ressources naturelles et au-delà, est cruciale. En parallèle, la responsabilisation des autorités régionales et locales est aussi incontournable pour l'application des principes de bonne gouvernance ; y compris pour le respect du droit de l'homme, la légitimité de la parole, l'équité, la subsidiarité, la précaution, la performance, la transparence, la responsabilité décisionnelle et l'imputabilité.

Par ailleurs, les aires protégées doivent être intégrées dans un cadre plus large de planification et d'aménagement spatial du territoire. Elles doivent aussi constituer une opportunité de développement local et régional, et non plus comme une contrainte. Plusieurs schémas de gestion peuvent être ainsi considérés pour assurer une bonne gouvernance de ces aires protégées, selon leur catégorie. Il y a la gestion directement par l'Etat ou par un organe désigné par l'Etat, la co-gestion, la gestion des

aires protégées privées, et la gestion communautaire. Toutefois, pour les grandes aires protégées, dont la plus grande partie serait vouée à l'utilisation multiple et durable, il est généralement accepté que la forme de co-gestion serait la meilleure pour assurer leur pérennisation, soit par une gestion collaborative, soit par une gestion conjointe. Cette tendance irait vers le renforcement d'autres initiatives socioéconomiques à base communautaire. Parmi ces initiatives, on peut citer les mutuelles de santé, les services agricoles de proximité et ceux qu'on appelle les Agents de Vente à Base Communautaire, etc. Dans tous les cas, il faudrait que les initiatives communautaires soient inscrites dans un cadre de développement formel, comme les Plans Communaux de Développement ou les Programmes Régionaux de Développement, ceci afin que les bénéficiaires des initiatives communautaires puissent effectivement contribuer au développement local et régional.

5.2.3. Réviser les Contrats de Transfert de Gestion

Jusqu'à maintenant, les contrats de transfert de gestion semblaient être un bon moyen d'impliquer les communautés dans la conservation. Mais une question revient régulièrement ; à savoir, comment est-ce que les communautés pourraient-elles supporter les initiatives par leur propre effort dans le long terme. Même les membres des communautés s'en inquiètent, surtout quand ils n'arrivent pas à rentabiliser les activités entreprises (Hockley et Andriamarivololona 2006). Il devient ainsi crucial que de nouvelles ressources financières soient développées pour soutenir les efforts des communautés. Une option parfois avancée est la subvention de la part de l'Etat, car le rôle de ce dernier est indiscutable dans la préservation des ressources naturelles qui font partie de l'investissement du pays. Une autre option serait l'ouverture à ces communautés de la gestion de l'exploitation des ressources, et dont les bénéficiaires iraient directement à elles. Cette option est toujours âprement débattue, les outils adaptés pour assurer la pérennité de l'approche n'étant pas encore trouvés.

5.2.4. Contre l'Esprit d'Attentisme et d'Assistanat

Avec les processus de consultations locales dans les programmes de conservation ou de développement,



les communautés rurales ont été habituées à mettre en avant les problématiques auxquelles il faudrait trouver des solutions. Ce qui relève d'une démarche logique dans une perspective de prise de conscience de ces communautés face à leur situation. Mais il est plus avantageux d'encourager ces communautés à identifier et à valoriser leurs atouts et les opportunités qui sont à leur portée, à partir desquels il leur serait possible de démarrer de nouvelles initiatives qui impliqueront d'abord leurs propres ressources, leur propre capital, et qu'elles approprieront facilement. Cette auto-promotion est une attitude qui devrait permettre aux communautés de dépasser l'esprit d'attentisme et d'assistanat. Mais cette démarche devra aussi être couplée avec l'identification de leaders de groupe et l'appui à ces derniers. Le leadership est souvent très faible au niveau des communautés rurales malgaches. Rares, aussi, sont ceux qui convainquent et entraînent la masse à prendre les risques, à faire de grands changements.

La démarche d'auto-promotion devrait aussi s'accompagner d'un effort de professionnalisation des organisations rurales. Ceci concerne aussi bien les communautés que les organisations paysannes. Ces dernières ne devraient plus rester de simples entités bénéficiaires des services d'appui provenant de l'extérieur et être dépendantes de leurs compétences. Les communautés devraient « devenir » des acteurs responsables de l'avenir des ressources qu'elles ont demandé à gérer, et de leur futur en tant qu'acteurs contribuant dans la conservation de ces ressources. Atteindre la professionnalisation pourrait nécessiter la contribution des organismes d'appui sensés prodiguer les connaissances et diriger les expériences requises, mais elle ne serait réalisée qu'avec une véritable délégation de pouvoir et de compétences aux communautés. De même, les organisations paysannes devraient être renforcées pour qu'elles puissent maîtriser tous les segments des différentes filières : de l'amélioration de la production à la commercialisation des produits sur le marché, en passant par la transformation, afin d'assurer le passage de l'économie de subsistance vers l'économie de marché. Dans la co-gestion des nouvelles aires protégées en particulier, il est d'ailleurs exigé que tous les acteurs impliqués soient aptes, à leurs postes respectifs, de s'acquitter

de leurs attributions et de respecter ce qui a été délinéé dans les cahiers de charge.

L'approche « Partenariat Public-Privé » peut aussi être initiée et développée dans l'intégration des initiatives de conservation et de développement du monde rural. Un certain nombre d'exemples est maintenant disponible, expérimentant de façon prometteuse la collaboration entre les communautés de base, les collectivités, les ONG et le secteur privé dans la co-gestion des aires protégées et la valorisation économique et socioculturelle des ressources qui y sont protégées (voir l'étude de Cas sur le Saha Forest Camp en Annexe 2).

5.2.5. Oser Considérer une Approche plus Localiste

En fait, que ce soit pour les actions de conservation ou pour les actions de développement, et encore plus pour les efforts pour combiner les deux concepts, il a été clairement démontré que les communautés locales doivent être au centre du projet. Mais l'erreur qui semble affecter la plupart des projets menés à Madagascar est, souvent, de dépendre lourdement sur des perspectives extérieures que l'on essaie ensuite de proposer aux communautés locales. De nombreuses approches de conservation et de développement ont été inspirées des diverses tendances à travers le monde, imposées aux malgaches d'une manière ou d'une autre par les bailleurs de fonds et relayés par les divers ONG et associations. Le Gouvernement central délimate certaines politiques et mets en place divers mécanismes de mise en œuvre. Les scientifiques étudient et vulgarisent les dernières techniques trouvées. Les agents des communes et techniciens viennent faire des descentes sur terrain, etc. Au bout de la chaîne se trouvent enfin les communautés qui se trouvent récipiendaire, presque passives, de tout le processus. Certes, ce modèle de fonctionnement a fait ses preuves dans certains pays, mais souvent sous condition de pouvoir mettre en place des moyens humains, techniques et financiers considérables qui ne sont pas disponibles pour une application dans tout Madagascar.

La question qui se pose est : Peut-être y a-t-il aussi de la place à Madagascar pour le modèle inverse ? Pour une approche plus localiste où les initiatives partiront des



communautés. Ce sera à ces dernières de passer à l'avant et de prendre les commandes : de définir leurs propres objectifs, de décider de l'idéal qu'ils aimeraient atteindre pour eux-mêmes, d'étudier les approches à suivre et les solutions à adopter, et finalement de s'exécuter. Mais il ne s'agit pas de laisser les communautés à leurs propres sorts mais plutôt de les accompagner et de les supporter dans leurs décisions et dans les actions qu'ils décident d'entreprendre. Le piège à éviter est de se contenter d'adapter les perspectives venues d'ailleurs aux cultures locales. Il s'agit d'être vraiment à l'écoute de ce que les communautés veulent vraiment pour eux-mêmes, de leur faire confiance et, éventuellement, de les laisser prendre responsabilité de leur développement et de leur environnement. L'idée n'est pas de rejeter tout ce qui vient de l'extérieur et de se cramponner uniquement aux pratiques traditionnelles. L'idée est d'amener les communautés à considérer toutes les options possibles, y compris celles non prévues par les scientifiques et les organes étatiques, et d'aider les communautés à adopter des solutions qui non seulement contribuerait au développement mais sera aussi respectueux de l'environnement. En somme, il s'agit de d'approches de conservation et de développement pour ces communautés, peaufinés et décidés avec ces communautés, et principalement exécutés par ces communautés. Mais le défi serait d'identifier où à Madagascar un tel modèle pourrait fonctionner.

6. CONCLUSION

La réalité montre que la situation de pauvreté, considérée dans ces différents aspects, est un facteur exacerbant la dégradation des ressources naturelles. Dans ce module, nous avons donné quelques exemples qui montrent l'interaction entre la pauvreté du monde rural et la dynamique de dégradation des ressources naturelles. Depuis plusieurs années, les politiques et stratégies de développement ont essayé de concrétiser l'intégration des considérations et des dimensions environnementales pour assurer la durabilité. Cette tendance est d'autant plus accrue que les effets du changement climatique se font de plus en plus ressentir, et les besoins alimentaires à l'échelle globale vont en augmentant.

Il est vrai que les objectifs de la conservation sont parfois distants de ceux du développement. Ces deux

concepts paraissent être deux parallèles difficilement joignables, deux secteurs ayant leurs propres agendas. Dans un sens, ceci est légitime car il serait inopportun de diluer les objectifs de l'un dans ceux de l'autre, et vice versa. Il faudrait que les problématiques soient bien étudiées et appréhendées pour que les solutions soient bien formulées de part et d'autre. La pauvreté est une contrainte critique pour la conservation, et les efforts de conservation vont échouer si les causes de cette pauvreté ne sont pas adressées. Il faudrait éviter que les initiatives de conservation compromettent le développement. Bien au delà, il faudrait s'assurer que les produits de la conservation profitent socialement et économiquement aux communautés rurales et que les chantiers du développement rural mettent en avant le souci de la durabilité à travers une meilleure gestion des ressources.

Le défi majeur se trouve au niveau de l'appropriation par les communautés locales des nouvelles valeurs et de nouveaux principes mis en œuvre dans l'utilisation et la gestion des ressources naturelles. Ces considérations doivent être acquises dès le niveau des politiques et stratégies, au niveau de la mise en œuvre, mais surtout au niveau des parties prenantes en général et des communautés rurales gestionnaires directes des ressources en particulier. Madagascar a suivi de relativement près les approches et recommandations mondiales allant dans ce sens. Les bailleurs de fonds et les ONG ont joué des rôles primordiaux pour aider Madagascar à se conformer aux pratiques et normes mondiaux. L'Etat et les divers organes étatiques font de leur mieux et les communautés locales ont suivi leur leadership. Ce module a illustré que la réalisation n'est pas toujours facile : le système n'arrive pas toujours à suivre et s'essouffle. Madagascar doit encore fournir beaucoup d'effort pour améliorer le système et pour sécuriser les ressources humaines, techniques et financières nécessaires à la conservation de sa biodiversité et au développement du pays. Mais rien n'empêche aussi Madagascar d'essayer de développer son propre modèle de développement durable, apportant au monde un héritage pouvant être aussi précieux que sa biodiversité.



ANNEXES

Annexe 1. Cas du Bassin Versant de Sisaony : Un Projet d'Appui au Reboisement Villageois

Le premier Projet d'Appui au Reboisement Villageois (PARV) a commencé en 1984 dans les communes rurales d'Ambatofahavalo, Tsararivotra et Ambalavaosituées à 25 km au sud d'Antananarivo. Le projet a duré jusqu'en 1988 et avait pour objectif de protéger le bassin versant de la rivière Kinkony en augmentant la couverture forestière jusqu'à 12 % de la surface totale et en contrôlant les feux de pâturages tout en facilitant l'approvisionnement des ménages en bois d'énergie en améliorant les autres sources de revenus.

L'évaluation du reboisement dans la région (Gabathuler et al. 2014) a montré que, dans un premier temps, la communauté locale était très réticente par rapport au projet, surtout par peur d'être expropriés des terrains boisés. Plus tard, avoir choisi des membres des communautés locales mêmes comme vulgarisateurs du projet et avoir insisté sur l'absence d'obligation de participer au projet ont soulevé les réticences. De plus, les communautés avaient le choix entre plusieurs types de plantation : dans des pâturages, dans des parcelles de culture, le long des cours d'eaux, etc. Dans les deux premières années, les différentes communautés ont considérées diverses options mais par la suite, elles ont tous reçu des terrains domaniaux pour faire les plantations, les autres options ayant été abandonnées.

L'allocation des parcelles entre les membres de la communauté dépendait du nombre de plants que chaque individu s'engageait à planter, raison de 100 pieds au minimum par lot de 625 m², le nombre maximum de lot alloué à un ménage pendant une campagne étant limité à douze. Ces mesures ont été prises pour une allocation équitable des parcelles et pour éviter que les ménages aisés, disposant de beaucoup de main d'œuvre puisse s'approprier de grandes surfaces.

Les communautés recevaient une assistance technique tout au long du projet, y compris pour la mise en place des pépinières, pour la plantation, pour l'entretien et le suivi des parcelles plantées, ainsi que pour la création et l'entretien des pare-feux. A la fin de chaque année de

campagne, le travail des communautés était évalué. Les communautés qui ont reçu les meilleurs scores lors des suivis effectués par les représentants du Service des Eaux et Forêts recevaient des prix sous forme de matériels de travail et pouvaient s'attaquer à de nouvelles parcelles. Les communautés et les ménages qui semblaient avoir des difficultés pour atteindre les objectifs de reboisement fixés recevaient des aides pour leur permettre de redresser le problème lors de la campagne suivante. Les ménages qui ont atteint leurs objectifs de reboisement et qui ont correctement effectué les travaux d'entretien et de suivi recevaient l'« acte vert » qui est un titre de propriété qui leur permettait certaines utilisations des parcelles reboisées. La conversion de ces parcelles en terrain de culture ou en aires de pâturage n'était par exemple pas acceptée.

Au fil des années, le nombre de communautés et de ménages participants au projet a continuellement augmenté due à une relation de confiance qui semblait s'être établi entre les différentes parties prenantes. Au total, 1031,2 Ha de reboisement ont été effectués dans la région. A la fin du projet, 60 % des plants mis à terre ont survécu car les communautés n'ont pas toujours suivi les recommandations données concernant le choix des essences adaptées à la qualité des sols et n'ont pas toujours effectué le travail d'entretien et de suivi correctement.

Vingt-cinq ans après le projet, seulement 20 % des reboisements étaient considérés comme ayant bien réussi, le reste ayant souffert de mauvais entretien et de feux de brousse (Gabathuler et al. 2014). Dans certaines parties, les communautés continuent encore les efforts de reboisement sur les parcelles domaniales restantes mais également sur des terrains dont le statut n'est pas clair. Au cours du temps, certaines plantations ont envahis les terrains avoisinants mais jusque là, les communautés arrachaient les jeunes plants indésirables (surtout quand ces derniers poussaient sur les terrains de culture par exemple). Des gains, d'un point de vue écologique, ont été notés. Ainsi, le reboisement effectué semble cependant contribuer à la stabilisation des lavakas dans la région grâce à la plus grande perméabilité des sols suite à la pénétration des racines dans les couches superficielles. La fréquence des feux de brousse a aussi diminué, les communautés étant devenues plus



vigilantes et plus protectrices vis-à-vis des forêts en général, et vis-à-vis de leurs parcelles de reboisement en particulier. Un tarissement pour certaines sources et une diminution du débit pour d'autres a cependant été observé, sans que des explications rationnelles n'aient pu être avancées.

Du point de vue du développement local, les communautés ont pu commencer les exploitations 20 ans après la fin du projet. Les reboisements en pin en particulier ont permis la production de bois de construction et l'exploitation de bois d'énergie, surtout pour l'autoconsommation. En fait, rares sont encore les ménages qui sont engagés dans la production et la vente de bois de charbon. Seulement 9 % des ménages interviewés indique pouvoir vendre du bois de chauffe apporté par le reboisement; le surplus en bois de chauffe a permis à de nombreuses familles de faire fonctionner des fours dans les poulaillers et permettant l'élevage de poulets de chair à un meilleur rendement. Par ailleurs, 43 % des ménages interviewés se sont lancés dans la vente de bois de construction. De plus, les aiguilles de pins sont souvent utilisées comme litières dans les étables et comme intrant agricole. Les formations reçues lors du projet a aussi permis aux communautés d'établir des pépinières commerciales (Gabathuler et al. 2014).

Au total, environ 70 % des ménages qui ont participé aux campagnes de reboisement estiment que les plantations leurs procurent des recettes substantielles, soit en cash soit en nature. La majorité des ménages interviewés ont affirmé atteindre l'autosuffisance en ce qui concerne le bois de chauffe et le bois de construction. Ils ont aussi indiqué que environ 60 % du revenu complémentaire reçu grâce au reboisement est utilisé pour améliorer l'alimentation dans les ménages, 20 % est affecté dans le secteur agricole et 8 % dans la construction (Gabathuler et al. 2014).

Les communautés ont commencé à soulever le problème de l'exploitation des arbres qui ont envahi les terrains domaniaux, en dehors des parcelles de reboisement originales. Elles aimeraient en effet pouvoir exploiter ces ressources qui, d'après elles, n'auraient pas pu exister sans les efforts de reboisement effectués auparavant.

Annexe 2. Cas du Saha Forest Camp : Un Tourisme Durable à Visage Humain et Naturel

Cette initiative a été lancée par l'ONG Fanamby dans le cadre de la gestion durable de l'aire protégée le long du couloir forestier Anjozorobe–Angavo, sous la tutelle du MEFT, avec l'appui technique et financier du Programme des Nations Unis pour le Développement (PNUD), du Global Environment Fund (GEF), et du World Tourism Organization (WTO).

Le couloir forestier Anjozorobe–Angavo comprend 41.100 ha d'aire protégée (voir Figure 1). Sa partie orientale abrite des éléments représentatifs des forêts humides de l'Est tandis qu'à l'Ouest, on retrouve des formations typiques aux Hautes Terres Centrales. La végétation de la zone est formée essentiellement de forêt naturelle secondaire. Il renferme 9 espèces de lémuriers, 74 espèces de reptiles et d'amphibiens, 74 espèces d'oiseaux et 558 espèces végétales. Le couloir forestier est à cheval sur deux Régions (Analamanga et Alaotra–Mangoro), trois Districts (Anjozorobe, Manjakandriana et Moramanga), 13 Communes rurales et 39 Fokontany, avec un total de 30.000 habitants. La pratique des cultures sur brûlis ou « tavy » et les exploitations illicites menacent actuellement la biodiversité locale (Goodman et al. 2007).

Dès l'origine, l'initiative s'est fixée six axes d'intervention pour allier la conservation de la biodiversité et le développement local durable, à savoir:

- L'aménagement spatial qui concerne l'aire protégée et ses alentours immédiats;
- La mise en place et l'opérationnalisation d'un système de gestion durable avec une implication effective des communautés locales;
- Le développement des produits agricoles et forestiers orientés vers le marché en partenariat avec le secteur privé;
- Le soutien aux initiatives locales et régionales;
- La Communication par la mise en place et opérationnalisation de télécentres ruraux; et
- Le développement d'un tourisme à base communautaire et en partenariat avec le secteur privé.

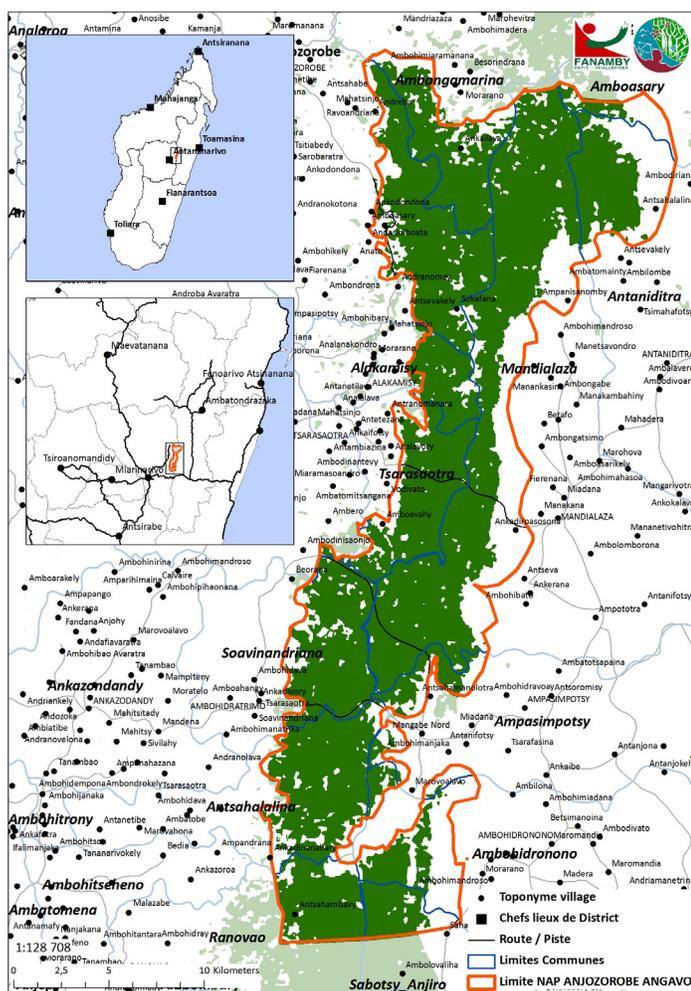


Figure 2: Carte de localisation du couloir forestier Anjozorobe–Angavo. Source: ONG Fanamby, 2015

Le tourisme durable mis en place se devait alors de répondre aux critères suivants :

- exploiter de façon optimale les ressources de l'environnement qui constituent un élément clé de la mise en valeur touristique, en préservant les processus écologiques essentiels et en aidant à sauvegarder les ressources naturelles et la biodiversité;
- respecter l'authenticité socioculturelle des communautés d'accueil, conserver leurs atouts culturels bâti et vivant et leurs valeurs traditionnelles et contribuer à l'entente et à la tolérance interculturelles; et
- assurer une activité économique viable sur le long terme offrant à toutes les parties prenantes des avantages socioéconomiques équitablement répartis, notamment des emplois stables, des

possibilités de bénéfices et des services sociaux pour les communautés d'accueil, et contribuer ainsi à la réduction de la pauvreté.

L'équipe a adopté un aménagement concerté du terroir, en impliquant totalement les communautés dans le respect de l'utilisation durable des ressources, les actions de conservation (contrôle, suivi), et les activités de développement (tourisme, commerce bioéquitable, sécurisation foncière, reboisement). Ceci a entraîné la prise en main du tourisme par les communautés. Ces dernières se sont responsabilisées pour la réhabilitation des pistes d'accès qui a mobilisé 100 hommes/jour en 5 semaines, la construction de six abris tentes et d'un abri restaurant avec 48 hommes/jour pendant une semaine, et la construction du centre d'accueil avec 10 hommes/jour en 2 semaines.

Les produits touristiques proposés contribuent ainsi à :

- La création d'emplois (guides, agents d'accueil, personnels d'hébergement et de restauration, entretien, maintenance);
- L'acquisition de compétences aux métiers de l'hôtellerie par une formation continue des femmes et des hommes;
- L'utilisation de savoir faire locaux et produit ruraux (construction, matériaux, denrées alimentaires agricole et d'élevage);
- L'achat de biens et de services (riz bio, gestion de l'eau);
- Des systèmes parafiscaux et droits (vignettes touristiques, péage pistes, taxe communale); et
- Le soutien aux producteurs locaux et la création des filières agricoles (microprojets, formation, assistance technique, exploitation durable).

L'initiative est soutenue par un modèle de gouvernance promouvant un Partenariat Public-Privé adapté et efficace. Les parties prenantes ont développé un Business Plan innovant qui fait ressortir une situation « gagnant-gagnant », aussi bien pour les objectifs de conservation que pour le développement des communautés riveraines.

Les résultats des premières années (Août 2006 – Août 2008) étaient déjà encourageants. Ils ont montré des retombées particulièrement positives pour les communautés. L'aire protégée a enregistré 1.500



visiteurs dont 60 % nationaux, avec 1.000 repas servis et 210 nuitées au niveau de l'hébergement. Les visites étaient assurées par 9 guides, dont le revenu de la première phase s'élevait à 1.000.000 Ar. Ces visites ont engendré d'investissements projets communs d'un montant de 700.000 Ar. En outre, 10 séances de formation par l'opérateur privé ont été dispensées pour 13 femmes employées (hébergement et restauration), ayant bénéficié 980.000 Ar de revenu.

L'amélioration des services a par ailleurs prévu l'embauche de 250 personnes des communautés pour la construction de 10 nouveaux bungalows et d'un restaurant. Cette extension nécessite la formation continue de 38 femmes employées par l'opérateur privé. Par ailleurs, les projections des retombées financières dans les années à venir sont toutes aussi encourageantes. Ainsi, en vitesse de croisière, il est prévu que le Saha Forest Camps rapporte dans les 560 millions d'Ariary par année dont environ 45% pour les communautés locales, 30 % pour le secteur privé et 20 % pour l'Etat, le promoteur recevant un peu moins du 4 % restant.

Voir l'ONG Fanamby (association-fanamby.org) pour plus d'informations.

ANNEXE 3. Cas du Projet Makira : Diverses Utilisations des Revenus du Carbone

Ce projet, initié par la Wildlife Conservation Society (WCS) sous la tutelle du Ministère de l'Environnement, de l'Ecologie et des Forêts et en collaboration avec ses partenaires techniques et financiers, a pour objectifs de :

- Devenir un modèle pour la mise en place des nouvelles aires protégées qui intègrent les communautés dans la conservation de la biodiversité et l'utilisation durable des ressources naturelles ;
- Mener des activités de conservation et d'appui au développement basées sur des recherches biologiques et socio-économiques ciblées ;
- Impliquer les communautés riveraines dans l'amélioration de la gestion de leur terroir en vue d'une réduction de la déforestation basée sur des contrats GCF ; et de
- Créer des sources de revenus durables pour

appuyer le développement des communautés et soutenir les actions de conservation par les fonds carbone à travers la déforestation évitée.

Le bloc de forêt de Makira s'étend sur 651.000 ha, avec 372.000 ha d'aires protégées situées au Nord-Ouest de la Baie d'Antongil et contigües au Parc Masoala. Ce bloc regorgeant d'une richesse en biodiversité énorme constitue le plus grand bloc de forêt humide.

L'économie régionale est basée sur la production agricole, pêche et élevage pour les quelques 230.000 habitants de cette zone. La riziculture constitue la principale subsistance. Les revenus des familles sont surtout constitués par les cultures de rente comme la vanille, le girofle, et le café. L'élevage de bovin est présent sur le haut plateau. Les produits forestiers (ex. le Raphia, le « *Bilahy* » ou *Melicope* sp.) sont utilisés comme matériaux de construction et comme combustibles mais également comme source d'alimentation. Sur le plan social, bien que les centres de santé de base et les écoles publiques soient présents dans chaque commune, 33 % de la population ne sont pas scolarisés et près de 54 % des femmes de 15-49 ans de la région estiment encore que la distance des centres de santé constituent un blocage pour l'accès au soins, ce d'après les statistiques en 2012-2013.

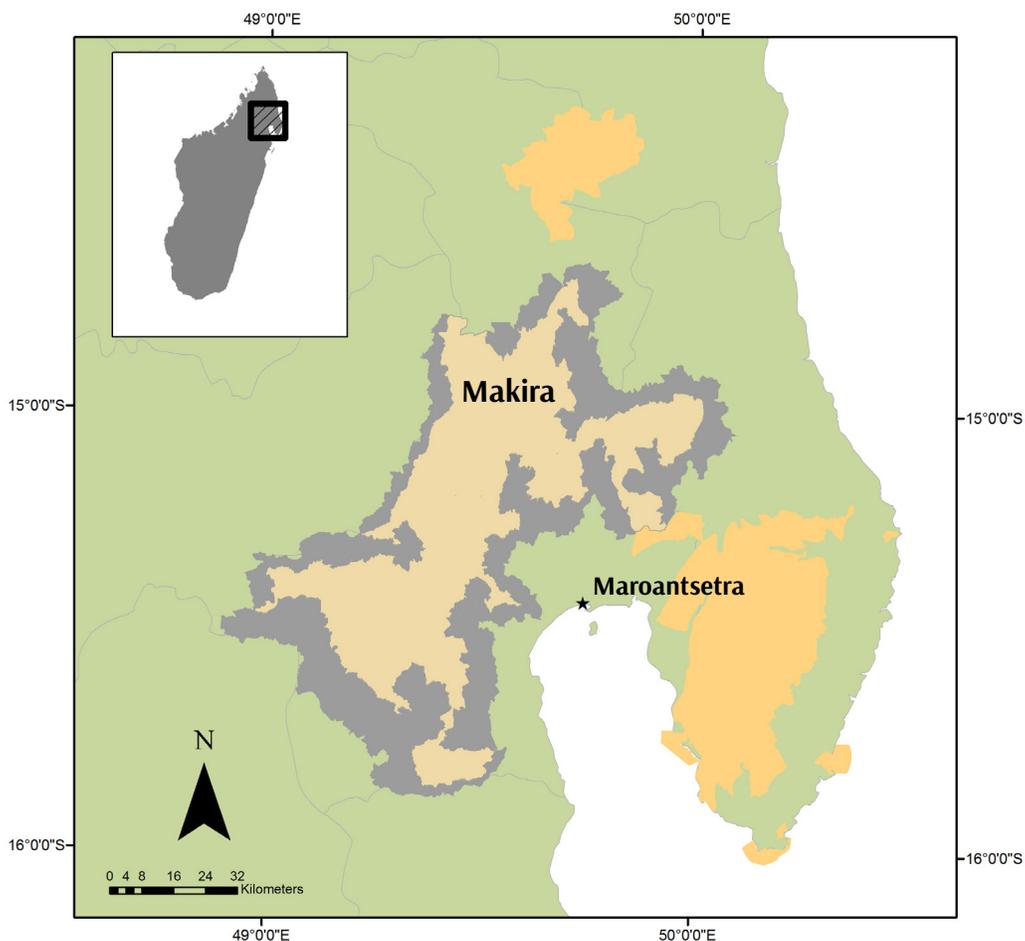
Ceci montre que les communautés riveraines de cette aire protégée sont dans une situation socio-économique instable, et le maintien de cette aire protégée ne sera assuré que si ces conditions sont améliorées de façon significative. C'est ainsi que l'équipe de WCS a développé une stratégie qui allie les actions de préservation de la biodiversité de l'aire protégée et d'appui au développement des communautés, en proposant le mécanisme du marché carbone contre la déforestation évitée pour les financer.

Dans cette perspective, les communautés se sont engagées dans la conservation à travers la gestion contractualisée. Le nombre de sites de transfert de gestion est passé de 17 en 2007 à 67 en 2015. Parallèlement, le nombre de villages impliqués et la surface de forêt sous transfert de gestion n'ont cessé de progresser. WCS estime que, globalement, le projet Makira permettra d'éviter l'émission de plus de 32 millions



Figure 3: Localisation du Parc Naturel de Makira (Source: WCS GIS, 2009)

-  Nearby National Parks
-  Community Lands



de tonnes de CO₂ au cours des 30 prochaines années. Environ 860.000 crédits de carbone du Projet REDD+ de la Forêt de Makira ont déjà été certifiés pour vente pour la période 2005–2009. Jusqu'ici, six ventes ont été effectuées sur le marché volontaire, fournissant ainsi un appui indispensable aux associations communautaires autour du Parc, ainsi que pour les activités de gestion du Parc. Jusqu'à 50 % des revenus sont réservés aux communautés locales autour de Makira pour leurs projets de développement et leur gestion des ressources naturelles, 20 % pour la gestion de l'aire protégée, 20 % pour les initiatives forestières par le Gouvernement de Madagascar, 5 % pour le suivi et vérification, et le reste pour les coûts de gestion et de communication.

Parmi les initiatives offertes par WCS aux communautés locales, il y avait :

- Des activités de restauration forestières ;
- Des activités de développement, comme la mise en place d'une caisse de micro-crédit, le support pour l'engagement dans l'écotourisme ainsi que

la construction d'écoles, le « Breakfast program » pour l'amélioration à la nutrition des écolier baptisé, l'amélioration de la santé mère-enfant par la distribution de moustiquaires, la mise en places de pompes à eau, etc. ;

- Des formations sur les techniques agricoles améliorées et sur les alternatives de diversification des revenus ; ainsi que des initiations sur la gestion de projets et sur la gestion durable des ressources naturelles ;
- Des activités de sensibilisations environnementales.

Une étude effectuée par Ratsimbazafy et al. (2012) auprès des quatre villages avec les plus longues expériences de transfert de gestion a montré que :

- Il y avait une perception généralement positive par rapport à la conservation de la forêt de Makira : En effet, 83 % des personnes interviewés ont réalisé que la taille de la forêt de Makira a diminué et 71 % ont reconnu que ce déclin affectait



leurs quotidiens; 60,5 % étaient en faveur de la protection de la forêt et autant ont déclaré que c'était la responsabilité de la communauté locale même de s'en charger.

- Il y avait plus de réserves concernant les restrictions des accès aux ressources forestières : Un peu plus de 50 % des personnes issus des villages les plus dépendants des ressources forestières se sont plaintes de ces restrictions et presque 60 % étaient contre la mise en place de la vaste zone de conservation stricte qui couvre jusqu'à 70 % de la surface totale.
- Le fait de devoir payer pour extraire du bois ou pour brûler des parcelles pour la jachère a aussi rencontré le désaccord de 61 % des personnes interviewés qui ont avancé que limiter les périodes d'extraction devrait suffire comme mesure de conservation, sans que l'on ait besoin de limiter aussi les quantités de ressources exploitées. D'ailleurs, 56 % ont jugé les périodes d'extraction trop courtes.
- La mise en place des différentes initiatives n'a pas semblé totalement satisfaisante avec, par exemple, 60 % de la communauté se sentant exclu du processus de prise de décision.
- Une analyse plus approfondie a indiqué qu'il y avait un manque de sensibilisation et un problème sur la compréhension même sur les objectifs du projet. De plus, il y avait un manque de motivation à changer les pratiques ancestrales (25 % des réponses).
- La perception sur les bénéfices reçus du projet est aussi mitigée. Concernant les formations, par exemple, seulement 31 % des personnes interviewées ont dit en avoir vraiment tiré profit. En fait, les enquêtes ayant été menées avant la première vente de crédits de carbone, les bénéfices des ventes n'étaient pas partagés avec les populations locales.
- Il semblerait cependant que le nombre d'initiatives (de conservation mais surtout de développement) mises en œuvre dans un village ait un impact positif sur la perception de la communauté locale par rapport au projet en général.

Un suivi étroit des perceptions de populations locales par rapport aux bénéfices reçus ainsi que des impacts

sur le développement font partie du projet Makira. WCS espère concrétiser encore plus d'impacts sur la pauvreté dans les cinq années à venir.

Une autre étude publiée par Savaivo (2014) qui a suivi les impacts sociaux du projet Makira depuis 2005 rapporte que le projet a déjà apporté des bénéfices plus importants aux populations locales. L'analyse des chaînes de résultats montre des effets constants au niveau des indicateurs spécifiques de bien être humain de 2005 à 2014, dont :

- une augmentation du taux de scolarisation de 76 % à 96 %, suite à la construction et à la réhabilitation des écoles ainsi qu'à l'appui fourni par WCS à travers les cantines scolaires ;
- une diminution du taux d'analphabétisation de 54 % à 21 % au niveau des chefs de ménages grâce aux projets d'alphabétisation ; et
- un meilleur accès aux services de santé et à la planification familiale grâce au projet intégré de santé et de l'environnement.

Les résultats observés ont aussi montré une diversification des produits agricoles après les diverses formations techniques ainsi qu'une diminution significative de la surface de *tavy*. De plus, le revenu journalier par personne est passé de 0,09 USD par jour en 2005 à 0,21 USD par jour en 2014, qui est significatif dans un contexte d'extrême pauvreté et malgré la crise socio-économique traversée par le pays.

BIBLIOGRAPHIE

- Adams, W., et J. Hutton. 2007. People, parks and poverty: political ecology and biodiversity conservation. *Conservation and Society* 5(2):147-183.
- Allnutt, T.F., G.P. Asner, C.D. Golden, et G.V.N. Powell. 2013. Mapping recent deforestation and forest disturbance in northeastern Madagascar. *Tropical Conservation Science* 6(1):1-15.
- Andriamahefazafy, F., C. Bidaud, L. Cahen-Fourot, P. Méral, C. Moyen, G. Serpantié, et A. Toillier. 2011. Analyse historique des PSE à Madagascar: entre continuité et rupture. Programme Serena, document travail (2011-04).
- Andriamahefazafy, F., C. Bidaud, P. Méral, G. Serpantié, et A. Toillier. 2013. L'introduction de la notion de service environnemental et écosystémique à Madagascar. *Vertigo* 12(3). Accessible au <http://vertigo.revues.org/12875>.
- Arnold, J. M., G. Köhlin, et R. Persson. 2006. Woodfuels, livelihoods, and policy interventions: changing perspectives. *World Development* 34(3):596-611.



- Aubert, S., et S. Razafiarison. 2003. Culture sur brûlis et régression des surfaces boisées. Pages 35–51 dans S. Aubert, S. Razafiarison, et A. Bertrand, éditeurs. Déforestation et systèmes agraires à Madagascar: les dynamiques des tavy sur la côte orientale. CIRAD, Montpellier, France.
- Aubert S., S. Razafiarison, et A. Bertrand, éditeurs. 2003. Déforestation et systèmes agraires à Madagascar: les dynamiques des tavy sur la côte orientale. CIRAD, CITE, FOFIFA, Montpellier, France.
- [BBOP] Business and Biodiversity Offsets Programme. 2009. Biodiversity offset cost–benefit handbook. BBOP, Washington, D.C., USA.
- [BBOP] Business and Biodiversity Offsets Programme. 2013. To no net loss and beyond: an overview of the Business and Biodiversity Offsets Programme (BBOP). BBOP, Washington, D.C., USA.
- Belvaux, E., et A. Randrianarisoa. 2007. Un « réseau » pour mieux coordonner le transfert de gestion des ressources naturelles renouvelables à Madagascar. Pages 163–174 dans P. Montagne, Z. Razanamaharo et A. Cooke, éditeurs. TANTEZA–Le transfert de gestion à Madagascar, dix ans d’efforts. CIRAD and RESOLVE Conseil, Montpellier, France.
- Bertrand, A., S. Aubert, P. Montagne, A.C. Lohanivo, et M.H. Razafintsalama. 2014. Madagascar, politique forestière: Bilan 1990–2013 et propositions. Madagascar Conservation and Development 9(1):20–30.
- Bull, W.B., K.B. Suttle, A. Gordon, N.J. Singh, et E.J. Milner–Gulland. 2013. Biodiversity offsets in theory and practice. Oryx 47(3):369–380.
- Carret, J.C., B. Rajaonson, P.J. Feno, et C. Brand. 2010. L’environnement à Madagascar: Un atout à préserver, des enjeux à maîtriser. Pages 105–128 dans Banque Mondiale, éditeur. Madagascar policy notes. World Bank, Washington, D.C., USA.
- [CEPF] Le Fonds de Partenariat pour les Écosystèmes Critiques. 2014. Profil d’écosystème hotspot de Madagascar et des îles de l’Océan Indien, Conservation International, Antananarivo, Madagascar.
- Clark, M. 2012. Deforestation in Madagascar: consequences of population growth and unsustainable agricultural processes. Global Majority E–Journal 3(1):61–71.
- Commission on Growth and Development. 2008. The growth report: strategies for sustained growth and inclusive development. World Bank, Washington, D.C., USA.
- Conservation International. 2011. Restauration Forestière à Madagascar: Document de capitalisation des expériences en vue de l’élaboration d’un Plan d’Action de Restauration.
- Conservation International – Madagascar. 2014. Profil d’écosystème hotspot de madagascar et des îles de l’océan indien. Critical Ecosystem Partnership Fund. Antananarivo, Madagascar.
- Copsey J.A., L.H. Rajaonarison, R. Randriamihamina, et L.J. Rakotoniaina. 2009. Voices from the marshes: livelihood concerns and rice cultivators in the Alaotar wetland. Madagascar Conservation and Development 4(1):25–30.
- Cullman, G. 2013. Land use, diverse values, and conservation practice in the periphery of Makira Natural Park, Northeastern Madagascar. Ph.D. thesis. Columbia University, New York, New York, USA.
- Cullman, G. 2015. Community forest management as virtualism in northeastern Madagascar. Human Ecology 43(1):29–41.
- Deleigne, M.C., et F. Miauton. 2001. Education et pauvreté à Madagascar: une problématique à reconsidérer. Communication lors du minairesur la pauvreté à Madagascar: etat des lieux, facteurs explicatifs et politiques de réduction, 5–7 février 2001, Antananarivo, Madagascar.
- Delille, H. 2011. Perceptions et stratégies d’adaptation paysannes face aux changements climatiques à Madagascar: cas des régions sud–ouest, sud–est et des zones périurbaines des grandes agglomérations. Agronomes et Vétérinaires Sans Frontières. Antananarivo, Madagascar.
- Demaze, M.T. 2013. Au nom de la lutte contre le changement climatique: le mécanisme pour un développement propre et ses travers. Vertigo 13(2). Accessible au <http://vertigo.revues.org/14020>.
- Demaze, M.T. 2014. L’enrôlement de Madagascar dans la REDD+: domestiquer une opportunité internationale. Vertigo 14(1). Accessible au <http://vertigo.revues.org/14744>.
- Elmqvist, T., M. Pykönen, M. Tengö, F. Rakotondrasoa, E. Rabakonandrianina, et C. Radimilahy. 2007. Patterns of loss and regeneration of tropical dry forest in Madagascar: the social institutional context. PLOS ONE 2:e402. Accessible au <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0000402>.
- [ENSOMD] Enquete Nationale sur le Suivi des Objectifs Millénaires du Développement. 2013. Enquete Nationale sur le Suivi des Objectifs Millénaires du Développement 2012–2013. Objectif 4 : Réduire la mortalité des enfants de moins de 5ans. Instat. OMS. Antananarivo, Madagascar.
- [FAO] Organisation des Nations unies pour l’alimentation et l’agriculture. 2007. Payer les agriculteurs pour les services environnementaux. Rapport sur la situation mondiale de l’alimentation et de l’agriculture. Accessible au <http://www.fao.org/publications/sofa/2007/fr/>.
- Gabathuler, E., M.V.R. Rabevohitra, N. Rakotondranaly, et F. Bachmann. 2014. Reboisements paysans sur les hautes terres centrales de Madagascar: capitalisation de projet de reboisement paysan et des impacts après 25ans. Centre for Development and Environment and Savaivo.
- Gardner, C.J. 2014. Reconciling conservation and development in MadagascarVs rapidly expanding protected area system. Ph.D. thesis. University of Kent, Canterbury, UK.
- Gardner, C.J., F.U.L. Gabriel, F.A.V. St. John, et Z.G. Davies. 2015. Changing livelihoods and protected area management: a case study of charcoal production in south–west Madagascar. Oryx DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S0030605315000071>.
- Golden, C., M.H. Bonds, J.S. Bashares, B.J.R. Rasolofoniaina, et C. Kremen. 2013. Economic valuation of subsistence harvest of wildlife in Madagascar. Conservation Biology 28(1):234–243.
- Goodman, S.M., A.P. Raselimananaet, et L. Wilmé, éditeurs. 2007. Inventaires de la faune et de la flore du couloir forestier d’Anjozorobe – Angavo. Recherches pour le Développement Série Sciences Biologiques 24.
- Gorenflo, L.J., C. Corson, K.M. Chomitz, G. Harper, M. Honzák, et



- B. Özler. 2011. Exploring the association between people and deforestation in Madagascar. Pages 197–211 dans R.P. Cincotta, et L.J. Gorenflo, éditeurs. *Human population: Its influences on biological diversity*, Ecological Studies, Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Hansen, M.C. et al. 2008. Humid tropical forest clearing from 2000 to 2005 quantified by using multitemporal and multiresolution remotely sensed data. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105(27):9439–9444.
- Harper, G., M. Steininger, C.J. Tucker, D. Juhn, et F. Hawkins. 2007. Fifty years of deforestation and forest fragmentation in Madagascar. *Environmental Conservation* 34(4):1–9.
- Hockley, N., et M. Andriamarivololona. 2007. The economics of community forest management in Madagascar: is there a free lunch?. Development Alternatives, Inc. pour le projet ERI/USAID. Antananarivo, Madagascar.
- Holmes, G. 2007. Protection, politics and protest: understanding resistance to conservation. *Conservation and Society* 5(2):184–201.
- Horning, N.R. 2012. Debunking three myths about Madagascar's deforestation. *Madagascar Conservation and Development* 7(3):116–119.
- Hume, D.W. 2006. Swidden agriculture and conservation in eastern Madagascar: stakeholder perspectives and cultural belief systems. *Conservation and Society* 4(2):287–303
- Institut National des Statistiques. 2002. Enquête Sur L'artisanat. Accessible au http://www.instat.mg/pdf/artisanat_2002.pdf.
- Jarosz, L. 1993. Defining and explaining tropical deforestation: shifting cultivation and population growth in colonial Madagascar (1896–1940). *Economic Geography* 69(4):366–379.
- Kull, C. A. 2002. Madagascar aflame: landscape burning as peasant protest, resistance, or a resource management tool? *Political Geography* 21(7):927–953.
- Kull, C.A. 2012. Air photo evidence of historical land cover change in the highlands: wetlands and grasslands give way to crops and woodlots. *Madagascar Conservation and Development* 7(3):144–152.
- Le Coq, J.-F., G. Serpantié, F. Andriamahefazafy, F. Saenz-Segura, R. Mora-Vega, et R. Pierre. 2014. Les écolabels fournissent-ils des services environnementaux? Enseignements de filières agricoles au Costa Rica et Madagascar. Document de travail ART-Dev 2014–15.
- Lee, D.R., et B. Neves. 2009. Rural poverty and natural resources: improving access and sustainable management. ESA Working paper No09–03. Accessible au <http://www.ifad.org/rural/rpr2008/background.htm>.
- McConnell, W.J., et C.A. Kull. 2014. Deforestation in Madagascar: debate over the island's forest cover and challenges of measuring forest change. Pages 67–104 dans I.R. Scales, éditeur. *Conservation and environmental management in Madagascar*. Routledge, Abingdon, UK.
- Meyers, D., B. Ramamonjisoa, J. Sève, M. Rajafindramanga, and C. Burren. 2006. Etude sur la consommation et la production en produits forestiers ligneux à Madagascar. USAID, IRG, Antananarivo, Madagascar.
- [MPRDAT] Ministère auprès de la Présidence de la République chargé de la Décentralisation et de l'Aménagement du Territoire. 2005. Lettre de politique sur la décentralisation et la déconcentration. Accessible au <http://www.decentralisation.gov.mg/wp-content/uploads/2013/02/Lettre-de-Politique-de-d%C3%A9centralisation-et-de-d%C3%A9concentration-LP2D-derni%C3%A8re-version.pdf>.
- [MEFT] Ministère de l'Environnement, des Forêts et du Tourisme. 2008. Manuel de procédures de création des aires protégées. Accessible au http://www.fapbm.org/sites/default/files/upload/public/procedure_de_creation_des_ap.pdf.
- [MEF] Ministère de l'Environnement et des Forêts. 2013. Rôle et place des transferts de gestion des ressources naturelles renouvelables dans les politiques forestières actuelles à Madagascar. Acte de Colloque, 17–18 octobre 2013, Antananarivo, Madagascar. Accessible au <http://www.forets-biodiv.org/productions/atelier/colloque-national-sur-role-et-place-des-transferts-de-gestion-des-ressources-naturelles-renouvelables-dans-les-politiques-forestieres-actuelles-a-madagascar>.
- [MINENVEF] Ministère de l'Environnement et des Eaux et Forêts. 2002. Programme Environnement III, document stratégique. Accessible au http://mg.chm-cbd.net/implementation/Programme_environnemental/pe3_document_strategique.pdf/download/en/1/pe3_document_strategique.pdf?action=view.
- [MEF] Ministère de l'Eau et des Forêts/MEF. 2012. Madagascar: Rapport sur l'état de l'environnement 2007–2012. Accessible au http://mg.chm-cbd.net/implementation/Documents_nationaux/rapport-sur-l-etat-de-l-environnement/rapport-sur-l-etat-de-l-environnement-2012.
- Ministère de l'Eau. 2013. Annuaire du secteur eau potable et assainissement 2013. Antananarivo, Madagascar.
- Minten, B., et C. Barrett. 2008. Agricultural technology, productivity, and poverty in Madagascar. *World Development* 36(5):797–822.
- Minten, B., C. Randrianarisoa, et M. Zeller. 1997. Niveau, évolution, et facteurs déterminants des rendements du riz à Madagascar: une interprétation basée sur des données communautaires. Communication au séminaire du projet IFPRI/FOFIFA, 16 décembre 1997, Antananarivo, Madagascar.
- Minten, B., K. Sander, et D. Stifel. 2013. Forest management and economic rents: evidence from the charcoal trade in Madagascar. *Energy for Sustainable Development* 17(2):106–115.
- Mollicone, D., A. Freibauer, E.D. Schulze, S. Braatz, G. Grassi, et S. Federici. 2007. Elements for the expected mechanisms on 'Reduced Emissions from Deforestation and Degradation, REDD' under UNFCCC. *Environmental Research Letters* 2(4):045024. Accessible au <http://iopscience.iop.org/1748-9326/2/4/045024>.
- Montagne, P., Z. Razanamaharo, et A. Cooke. 2007. TANTEZA—Le transfert de gestion à Madagascar, dix ans d'efforts. CIRAD et RESOLVE Conseil, Madagascar.
- Nations Unies. 2000. Déclaration du Millénaire. Résolution adoptée par l'Assemblée Générale lors de la 55ème session. Accessible au <http://www.un.org/french/millenaire/ares552f.pdf>.
- N'Guessan, M. 2002. Intégrer l'environnement dans les stratégies de réduction de la pauvreté à Madagascar. Banque Mondiale.



- Accessible au http://www.madawel.com/betafo/pnae/pe3/pe3_n_gues_rap.pdf.
- [PNUD] Programme des Nations Unies pour le Développement. 2012. Madagascar: rapport national. Rapport final du processus de préparation de la participation de Madagascar à Rio+20. Accessible au http://www.undp.org/content/dam/madagascar/docs/rapportsUNDP_MDG/Etude%20Environnement/Rapport%20national%20final%20MDG%20Rio+20.pdf.
- [OMS] Organisation mondiale de la Santé. 2014. Stratégie de coopération Madagascar. Accessible au http://www.who.int/countryfocus/cooperation_strategy/ccsbrief_mdg_fr.pdf
- Rakotondrabe, M., S. Aubert, J. Razafarijaona, S. Ramananarivo, R. Ramananarivo, et M. Antona. 2014. Les paiements pour services environnementaux: un moyen de contenir les cultures sur brûlis forestier à Madagascar?. *Bois et Forêts des Tropiques* 322(4):51–64.
- Ramakavelo, S.P. 1999. Revue, compilation et analyse des données existantes sur le secteur des plantations industrielles malgaches d'aujourd'hui. CE-FAO. Accessible au <http://www.fao.org/docrep/004/ab597f/ab597f00.HTM>.
- Ramohavelo, C.D., J.P. Sorg, A. Buttler, et M. Reinhard. 2014. Recommandations pour une agriculture plus écologique respectant les besoins socio-économiques locaux, région du Menabe Central, côte ouest de Madagascar. *Madagascar Conservation and Development* 9(1):13–19.
- Randrianarison, L. 2003. Revenus extra-agricoles des ménages ruraux et pauvreté à Madagascar. Conférence « Agriculture et pauvreté », Programme ILO, FOFIFA, CORNELL. 20 mars 2003, Antananarivo.
- Ratsimbazafy, C.L., K. Harada, et M. Yamamura. 2012. Forest resources use, attitude, and perception of local residents towards community based forest management: case of the Makira Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD) project, Madagascar. *Journal of Ecology and the Natural Environment* 4(13):321–332.
- Ravalomanana, M. 2007. Madagascar naturellement: birth control is my environmental priority. Pages 8–11 dans *Environmental Change and Security Program report*. Issue 122006–2007, Woodrow Wilson International Center for Scholars, Environmental Change and Security Program, Washington, D.C. USA.
- Razafindrabe, M. 1998. La Gestion contractuelle pluraliste subsidiaire des ressources renouvelables à Madagascar (1994–1998). The World Bank/ WBI's CBNRM Initiative. Antananarivo, Madagascar.
- Razafy, F.L. 2004. Rapport sur les expériences sur la restauration des paysages forestiers et les projets clés travaillant dans le domaine. WWF, Antananarivo, Madagascar.
- Savaivo. 2014. Analyse des impacts du projet Makira sur le milieu socio-économique de la zone d'intervention. *Wildlife Conservation Society–Madagascar*, Antananarivo, Madagascar.
- Schuyt, K. 2005. Freshwater and poverty reduction: serving people saving nature. An economic analysis of the impact of the livelihood, impacts of freshwater conservation initiatives. WWF International. Accessible au <assets.panda.org/downloads/servingpeoplesavingnature.pdf>.
- Seagle, S.W. 2010. Deforestation and impoverishment in rural Madagascar: links between state governance, land degradation, and food insecurity overtime. *Taloha* numéro 19, 20 janvier 2010. Accessible au <http://www.taloha.info/document.php?id=859>.
- Serpantié, G. 2009. L'agriculture de conservation à la croisée des chemins en Afrique et à Madagascar. *Vertigo* 9(3). Accessible au <http://vertigo.revues.org/9290>.
- Styger, E. 2006. Mid-term program evaluation consultancy report: profitable and environmentally sound farming systems replace slash-and-burn agricultural practices at the landscape scale. Rapport de mission. Programme ERI/USAID. Accessible au http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pdacl629.pdf.
- Styger, E., H.M. Rakotondramasy, M.J. Pfeffer, E.C.M. Fernandes, et D.M. Bates. 2007. Influence of slash-and-burn farming practices on fallow succession and land degradation in the rainforest region of Madagascar. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119(3):257–269.
- [UNICEF Madagascar] United Nations Children's Emergency Fund Madagascar. 2012. Kit d'informations. Accessible au http://www.unicef.org/madagascar/fr/MG_FR_briefing_book.pdf
- Vieilledent, G., C. Grinand, et R. Vaudry. 2013. Forecasting deforestation and carbon emissions in tropical developing countries facing demographic expansion: a case study in Madagascar. *Ecology and Evolution* 3(6):1702–1716.
- Virah-Sawmy, M., J. Ebeling, et R. Taplin. 2014. Mining and biodiversity offsets: a transparent and science-based approach to measure “no-net-loss”. *Journal of Environmental Management* 143(2014):61–70.
- Waeber, P.O. 2012. Biodiversity offsetting—en vogue in Madagascar?. *Madagascar Conservation and Development* 7(3):110–111.
- [WHO] World Health Organization Global Database on Child Growth and Malnutrition. 2012. Madagascar: child malnutrition estimates by WHO Child Growth Standards. Accessible au <http://www.who.int/nutgrowthdb/database/countries/mdg/en/> (Accédé 30 novembre 2015).
- World Bank. 2015. Madagascar World Development Indicators. Accessible au http://data.worldbank.org/country/madagascar#cp_wdi (Accédé 24 novembre 2015).
- Zeller, M., B. Minten, C. Lapenu, E. Ralison, et C. Randrianarisoa. 2001. Les liens entre croissance économique, réduction de pauvreté, et durabilité de l'environnement milieu rural à Madagascar. Séminaire international sur la Pauvreté à Madagascar: état des lieux, réflexion sur les politiques de réduction et leur mise en œuvre. 5–7 février 2001, Antananarivo, Madagascar.



Gestion des Espèces Menacées: Cas des Vertébrés

Jonah Ratsimbazafy,¹ Christopher Clark,¹ Joanna Durbin,¹ Herilala Randriamahazo,² Jamie Copsey,³ Daniel Rakotondravony,⁴ et Olga Ramilijaona⁴

¹Durrell Wildlife Conservation Trust, Madagascar; ²Wildlife Conservation Society Madagascar; ³Durrell Conservation Academy, Jersey, UK; ⁴University d'Antananarivo, Madagascar

1. INTRODUCTION

La mission de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) est d' « assurer la conservation, en particulier de la diversité biologique en tant que fondation essentielle pour le futur, d'assurer aussi que l'utilisation des ressources de la Terre se fait de manière sage, équitable et durable et finalement de guider le développement des communautés humaines vers des styles de vie qui sont à la fois de qualité et en harmonie durable avec les autres composantes de la biosphère ». S'inspirant de cette mission commune au niveau mondial, le présent module vise à aider les personnes activement impliquées dans la conservation des espèces à réduire les risques d'extinction par une gestion des espèces menacées. Le module porte en particulier sur les espèces vertébrées menacées.

1.1 Qu'est-ce Qu'une Espèce, une Population, un Facteur Limitant, les Menaces et les Pressions?

L'espèce est l'unité la plus fondamentale de l'évolution et constitue le niveau le plus spécifique en termes taxonomiques (Mayr 1969). On peut définir une espèce comme étant un groupe d'individus morphologiquement, physiologiquement ou biochimiquement distincts des autres groupes ou étant un groupe d'individus qui peuvent se reproduire entre eux et qui ne s'accouplent pas avec les membres d'autres groupes (Primack et Ratsirarson 2005). Il existe une diversité génétique au sein des espèces, souvent reconnues par une division en plusieurs sous espèces ou taxons, qui permet à une espèce de s'adapter à un environnement changeant. Les populations sont des groupes d'individus vivant ensemble et qui sont séparés des groupes semblables, pouvant se reproduire entre eux et pouvant produire une progéniture viable et féconde (sans aide technologique humaine). Tout paramètre naturel ou anthropique susceptible de modifier la taille, la

structure, la composition ou le comportement d'un groupe de populations peut affecter les stratégies de survie et de reproduction d'une espèce. De tels paramètres qui affectent ou limitent la survie d'une espèce en limitant la zone géographique où elle peut subsister en diminuant sa capacité à se reproduire sont appelés facteurs limitants, menaces ou pressions. Les menaces sont définies comme « toute activité humaine ou processus, causant ou en train de causer ou qui causera dans le futur la destruction ou la dégradation de la biodiversité et des processus naturels » (Salafsky et al. 2008).

1.2 Qu'est-ce Qu'une Espèce Menacée?

L'UICN a élaboré un système reconnu au niveau international pour évaluer l'état de conservation d'une espèce ou le niveau de menaces pesant sur elle (ref. Liste Rouge). Ce système donne des directives objectives sur l'évaluation des différents facteurs qui influent sur le risque d'extinction. Tous les taxons classés « En danger critique d'extinction », « En danger » et « Vulnérables » sont qualifiés comme étant « Menacées » dans la catégorisation de la Liste Rouge de l'UICN. On considère une espèce comme étant éteint lorsqu'il n'y a aucun doute sur le fait que le dernier individu de l'espèce est mort.

1.3 Différents Niveaux de Gestion

Afin de prévenir l'extinction d'une espèce, diverses actions de conservation peuvent être entreprises selon le type et le degré de menaces, les causes des menaces et le nombre d'espèces concernées (par exemple une espèce ou toute la communauté faunistique de toute une zone). Ainsi, diverses stratégies spécifiques peuvent être mises en œuvre selon les problèmes à l'origine du déclin de l'espèce cible (nutrition, prédation, maladies, etc.). Quand plusieurs espèces vivant dans un même habitat sont confrontées à des problèmes et sont menacées d'extinction, la création



d'une aire protégée peut être entreprise, par exemple, pour essayer de garantir la survie de la biodiversité dans la zone. La politique de conservation de Madagascar depuis la déclaration du Président au Congrès Mondial des Parcs à Durban en 2003 est de multiplier par trois la surface des aires protégées du pays pour atteindre six millions d'hectares, soit 10% du territoire national, afin de prévenir la perte d'une biodiversité exceptionnelle menacée. Ces engagements pris par Madagascar ont été confirmés par l'initiative des autorités malgache en novembre 2014, lors du 6^{ème} Congrès Mondial des Parcs à Sydney Australie, visant à tripler le nombre des aires protégées marines de la Grande Ile. Le gouvernement malgache s'est engagé à doter ces nouvelles aires protégées de statut définitif avant le 15 mai 2015, qui a abouti à l'octroi de statut permanent à plus de 90 sites pour assurer la gestion et la survie de la biodiversité endémique en danger d'extinction de la Grande île.

2. DESCRIPTION DES FACTEURS LIMITANTS POTENTIELS

Les zones de survie et de reproduction sont limitées pour les animaux et les plantes. Les biologistes reconnaissent depuis des siècles que des limites existent pour la plupart des espèces, soit en termes de valeurs extrêmes pour les variables physiques soit en termes de concurrents et de prédateurs pour les variables écologiques. La niche d'une espèce, c'est-à-dire son rôle écologique et ses relations fonctionnelles avec les autres composantes de l'écosystème, est définie par les seuils de variables écologiques au-delà desquelles l'espèce ne peut plus survivre ou se reproduire. Les variables écologiques peuvent être d'ordre abiotique (par exemple, la température, les précipitations, la concentration en substances chimiques) ou d'ordre biotique (par exemple, sources alimentaires, prédateurs, concurrents) (Akçakaya et al. 1999).

De nombreux facteurs écologiques ont été considérés comme étant des facteurs limitants de la distribution d'une espèce: ses besoins d'habitat, ses interrelations avec les autres espèces, sa croissance et sa reproduction. En général, une espèce a une étendue géographique limitée et découvrir les causes de ces limites reste le défi à relever. Si une espèce donnée est présente dans certains endroits et absente dans d'autres, cela voudrait dire qu'il

y a des facteurs qui facilitent le développement de l'une et qui empêchent l'établissement d'autres qui exploitent la même niche. Pour un organisme donné, sa capacité pour survivre, pour croître et pour se reproduire peut être assimilée à un indicateur d'un habitat approprié pour lui.

L'environnement et les variables biotiques sur lesquels l'espèce dépend, varient dans le temps et dans l'espace. Si les conditions environnementales requises ne se trouvent plus autour de l'espèce, les individus qui y vivent peuvent, soit migrer, soit ne plus se reproduire, soit mourir. La sécheresse par exemple peut influencer sur l'étendue géographique dans laquelle une espèce peut survivre et se reproduire. En fonction de ses effets sur la survie, la croissance et la reproduction de l'espèce, un facteur donné peut devenir ou être considéré comme un facteur plus ou moins limitant (Krebs 2001).

2.1 Exemple de Facteurs Limitants

Voici quelques exemples de facteurs limitant potentiels:

- **Disponibilité alimentaire** – elle pourrait affecter directement la croissance et/ou la reproduction d'une espèce et conduire à sa mort
- **Niveau de prédation** – par exemple, une forte prédation des œufs et/ou des petits, aurait des impacts certains sur la survie de la population
- **Insuffisance de sites de ponte** – cela pourrait augmenter la concurrence entre individus et entre espèces, mettant le perdant en danger d'extinction
- **Les maladies** et/ou **les parasites** pourraient entraîner l'extinction d'une espèce
- Etc.

2.2 Impacts d'un Facteur Limitant sur une Espèce ou une Population

Les espèces réagissent différemment aux diverses conditions. Certaines espèces sont plus résistantes que d'autres, face aux effets ou aux types de changements environnementaux. Les impacts d'un facteur limitant sur une espèce ou une population peuvent être directs ou indirects. Les effets les plus courants à court et à long terme d'un facteur affectant la croissance, la survie et la reproduction d'une population tendent à se présenter



comme suit:

Effets à Court Terme

- Changement de comportement (par exemple: accroissement de stress)
- Augmentation de la vulnérabilité aux différentes maladies et/ou aux prédatations
- Accroissement de la mortalité infantile
- Baisse de la maturité
- Diminution de la reproduction

Effets à Long Terme

- Baisse de la santé
- Baisse de la longévité
- Diminution de la fécondité
- Réduction de la diversité génétique
- Extinction

L'impossibilité de se reproduire ou l'augmentation de la mortalité aboutissent de toute évidence au déclin. A terme, un déclin continu d'une population finira par causer son extinction, notamment pour les espèces à faible taux de reproduction qui sont plus vulnérables que celles à taux de reproduction élevé.

2.3 Identification des Causes de Menaces

Les menaces qui affectent une espèce peuvent être d'origine anthropiques ou naturelles, mais leurs effets peuvent être néfastes à un certain degré, surtout lorsqu'elles sont combinées. Les cataclysmes naturels (sécheresse, inondation, feux naturels, etc.) sont considérés comme des événements rares parce qu'ils n'apparaissent qu'à des périodes non régulières et ponctuelles, alors que les perturbations humaines peuvent exister continuellement. Cette dernière est généralement plus dévastatrice car ses effets peuvent conduire très vite à l'extinction de plusieurs espèces simultanément.

2.3.1 Menaces Anthropiques

L'historique de la contribution humaine à la détérioration des écosystèmes montre que les hommes sont parmi les grandes causes de menaces sur les espèces menacées. Les pressions d'origine humaine sur les forêts conduisent à la fragmentation et la perte de ces dernières. Par exemple, la pratique traditionnelle de l'agriculture sur

brûlis dans de nombreux pays en développement en Asie, Afrique et Amérique du Sud a de plus en plus isolé la matrice forestière restante. De plus, la coupe et les feux dans les zones forestières et les feux incontrôlés dans les savanes restent courantes bien qu'il ait été démontré que ces pratiques empêchent le reboisement naturel et la régénération du sol. Les coupes massives peuvent avoir des impacts considérables sur la richesse, la densité et la diversité en espèces (Struhsaker 1997). Les coupes peuvent progressivement changer la composition des forêts et à long terme la topographie de la structure forestière. Certaines espèces sont également consommées par la population. Par exemple, dans le Grand Récif de Toliara, les ruissellements venant de l'agriculture et des eaux usées nuisent aux coraux (Bruggemann et al. 2012).

Dans la forêt de Manombo à Madagascar, les effets cumulatifs de l'ensemble des pratiques mentionnées ci-dessus ont abouti à la destruction de près de 75% de la forêt (soit 45.000 hectares environ) en l'espace de 40 ans. Ces activités ont conduit à la destruction de l'habitat naturel des lémuriens dont *Varecia variegata* et *Eulemur albocollaris*. Actuellement, la forêt de Manombo est isolée par des savanes de tous les côtés. Il n'existe aucune population de lémuriens dans un rayon de 60km de forêt. Ceci isole encore plus les populations d'espèces forestières du fait que la migration est devenue impossible. Ces deux espèces de lémuriens jouent un rôle important dans la dissémination de graines car ce sont des espèces hautement frugivores. Ainsi, elles contribuent au maintien de l'intégrité de la forêt qui est leur habitat (Ratsimbazafy 2002).

2.3.2 Catastrophes Naturelles

Les perturbations naturelles comme les cyclones, les inondations, la sécheresse, les tempêtes et les déracinements par le vent peuvent constituer une véritable menace pour les espèces et leur environnement. A l'encontre de Bornéo ou Sumatra, l'île de Madagascar se trouve dans la bande cyclonique (latitude de 10° à 20°). De 1951 à 2012, 20 cyclones majeurs ont frappé Madagascar causant des dégâts importants (Donque 1975; Ganzhorn 1995). Le 24 janvier 1997, le Sud-Est de Madagascar a été balayé par le cyclone Gretelle, le pire jamais vu, avec des rafales de plus de 245 km par



heure persistant durant 12 heures. Un cyclone d'une telle magnitude ne pouvait être que désastreux et a causé des dommages à grande échelle. Un pourcentage élevé des arbres matures produisant des fruits dont *Varecia variegata variegata* dépend pour se nourrir a déperdi d'où un déficit nutritionnel pour l'espèce. Une étude post-cyclonique de trois ans a montré qu'aucune femelle ne s'était reproduite à cause de l'insuffisance de nourriture. Durant ces trois années, près de 90% des arbres formant la couche supérieure de la forêt produisent encore de nouvelles branches et feuilles pour assurer la photosynthèse. L'on en conclut que la réduction photosynthétique pourrait être un facteur limitant la disponibilité des nutriments (Ratsimbazafy 2002; Ratsimbazafy et al. 2002).

2.3.3 Effets Combinés des Perturbations Anthropiques et Naturelles

Quand les forêts sont défrichées et fragmentées, les lisières de l'habitat restant sont généralement exposées à plus de vent, de turbulence et de « vortacité » (Miller et al. 1991; Saunders et al. 1991). L'une des principales conséquences de la combinaison des perturbations naturelles, anthropiques et écologiques est l'établissement d'espèces végétales exotiques non indigènes. Les impacts cumulatifs de ces perturbations sur les communautés animale et végétale peuvent

réduire la fécondité et aboutir à l'extinction de certaines espèces. Les fragments de très petite taille peuvent être dévastés par de fréquentes perturbations liées au vent, devenant en quasi-totalité un habitat en lisière (Malcom 1994).

Dans certaines mesures, quelques espèces menacées pourraient se rétablir si les menaces sont contrôlées, alors que dans d'autres cas elles s'effondraient. D'où la nécessité d'envisager différentes stratégies pour la conservation des différentes espèces. Ces stratégies de conservation sont discutées plus en détails dans la partie en dessous, les Stratégies de conservation.

3. MÉTHODE D'IDENTIFICATION / PRIORISATION / DES FACTEURS

3.1 Comprendre la Biologie, l'Écologie, la Distribution, l'Abondance d'une Espèce Ainsi que la Dynamique de ses Populations

Le mode de catégorisation de la Liste Rouge de l'UICN (Mace et Lande 1991) permet de fixer une classification basée sur des données quantitatives et temporelles mais ne donnent aucune indication sur les causes du déclin de l'espèce et les mesures nécessaires en termes de gestion. Il est essentiel de comprendre la biologie de l'espèce et ses réactions face aux diverses pressions

ENCADRÉ 1: A TALE OF TWO EXTINCTIONS: THE DODO OF MAURITIUS AND SOLITAIRE OF RODRIGUES

The fate of the Dodo on Mauritius and the Solitaire on the neighbouring island of Rodrigues exemplify the current predicament facing island species worldwide. Through a combination of intrinsic characteristics suiting each species for a life on predator-free land masses and overwhelming external threats which worked together to drive the respective populations down, neither bird had much chance of surviving.

Both species are believed to have evolved from the ancestors of the modern-day Nicobar pigeon, *Caloenas nicobarica*. Nicobar pigeons are nomadic and can fly in flocks of up to 85 birds between islands (Heupink et al. 2014). DNA analysis indicates that the ancestors of the Dodo and Solitaire diverged from their original pigeon stock around 43 million years ago as they began to move from the Nicobar Islands down along oceanic mountain ridges towards their final resting place. The Dodo and Solitaire then diverged from one another approximately 26 million years ago, becoming distinct species on neighbouring islands.

Following arrival on their respective, mammalian predator-free islands each species lost the power of flight, there being no selective advantage to maintain this energetically-costly means of movement. Without the need to fly, the Dodo and Solitaire were able to grow in size—an evolutionary trend in many island species. The Solitaire would have been larger than a modern-day turkey, the Dodo slightly smaller at the size of a goose. This increase in size conferred important advantages to the species, likely increasing their life span, increasing their ability to tolerate extreme fluctuations in temperature, and



enabling them to go for extended periods without food. Combined with the loss of flight, their larger body size would have permitted each species to store up larger quantities of fat during periods of high food availability, enabling them to survive leaner times. Fruits, roots, and seeds were likely the main diet for both species, though it may have been that at least the Dodo consumed invertebrates such as small crabs when the opportunity arose (Cheke and Hume 2008).

While they differed in morphology (the Solitaire possessing a more upright posture with longer legs and neck than the Dodo), one feature they both shared was exaggerated sexual dimorphism (Hume and Steel 2013). The Solitaire may have in fact demonstrated more extreme differences in size between the males and females than in any other keel-bearing bird, males being up to a third heavier than females and bearing significantly longer bills. It appears that both species produced small clutch sizes of potentially a single egg laid on the ground. This relatively low reproductive potential will not have helped the populations of either species recover from the increased mortality caused on the arrival of humans to each island.



Figure 1. The Dodo (*Raphus cucullatus*) (left) and the Rodrigues Solitaire (*Pezophaps solitaria*) (right), as they appeared in Lionel Walter Rothschild's 'Extinct Birds', published in 1907.

Within 100 years of the arrival of the Dutch in 1598 (Cheke and Hume 2008), the Dodo was extinct on Mauritius. On Rodrigues, the Solitaire had all but disappeared within 70 years of the arrival of the French in 1691 (Grihault 2007). For each there were multiple reasons for their demise, with natural or stochastic events playing a small but, at least in the case of the Solitaire, important role.

Prior to settlement on Mauritius in 1638 the Dutch introduced monkeys (macaques), goats, cattle, and pigs. Rats had already been introduced by sporadic voyagers who made landfall on the island. However, as the Dodos seemed to still be plentiful upon the arrival of the Dutch, it seems unlikely that the rats in this instance had much of an impact. The Dodo was initially hunted by the early settlers for food, being a large bird and relatively easy to catch. While some did not find the bird to their taste, others enjoyed eating them; some birds were killed for the gizzard alone which was "so large that it could provide two men with a tasty meal and was actually the most delicious part of the bird", according to a 16th century Dutch exploratory (Cheke and Hume 2008). As the Dutch began to colonise the island, habitat destruction (in particular to access the hardwood of the ebony tree) would have taken its toll on the Dodo habitat. However, it seems likely that the most significant factor causing the extensive decline of the Dodo was predation of the young and eggs by the introduced pigs.

It is less clear what caused the demise of the Solitaire on Rodrigues. However, pigs again are likely to have taken their toll, potentially also competing with the birds for fruits and seeds. Cats may well have taken hatchlings and sailors, drawn to the island to hunt for giant tortoises, are likely to have hunted the birds for food too. It appears that the remaining Solitaires retreated to the less-populated south-west of the island where, by chance, a fire may have overtaken them and killed off the remnant population.

Relatives of the Solitaire and Dodo are alive today, in the forms of the Crowned pigeon *Goura victoria* of New Guinea and Samoa's tooth-billed pigeon *Didunculus strigirostris*, as well as its closest extant relative the Nicobar pigeon. However, populations of all three species are in decline.



Table 1. Exigences d'habitat de sarcelle de Bernier *Anas bernieri* à quatre niveaux de résolution.

Niveau de résolution					
Besoins fondamentaux	Nourriture	Type de couverture	Besoins spéciaux	Modèle géographique	Espace
Type d'habitat de <i>Anas bernieri</i> (Définition empirique)	Eau salée peu profonde, mer, estuaire, delta, lac, mangroves, ruisseaux				
Facteurs de bien-être spécifiques pour <i>Anas bernieri</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Eau • Graine de Cyperaceae • Insectes • Feuille et jeunes pousses de monocotylédones 	<ul style="list-style-type: none"> • Hiver • Mue • Nidification • Été 	<ul style="list-style-type: none"> • Vent • Trous D'arbre • Sans perturbation • Altitude similaire du niveau de la mer 	<ul style="list-style-type: none"> • Eau peu profonde et substrat boueux 	
Éléments des facteurs du bien-être déterminant leur qualité (exemples données)	<ul style="list-style-type: none"> • Eau • Protéine • Énergie • Minéraux • Vitamines 	<ul style="list-style-type: none"> • Couverture • Microclimat <ul style="list-style-type: none"> • Vent • Humidité • Structurelle <ul style="list-style-type: none"> • Type de végétation • Profondeur de l'eau • Substrat boueux 			

si l'on veut essayer de sauver une espèce en voie de disparition et faire le suivi. Les cinq étapes pour la gestion de conservation des oiseaux décrites par Jones et al. (2004) soulignent ce fait:

- **Étape 1:** *Connaître l'espèce*
- **Étape 2:** *Diagnostiquer les causes du déclin de la population et tester les actions de sauvetage*
- **Étape 3:** *Gestion intensive*
- **Étape 4:** *Gestion de la population*
- **Étape 5:** *Suivi*

Bien que l'intensité, la durée et l'impact de chacune de ces phases puissent varier autant que les étapes peuvent se chevaucher ou aller en parallèle, il est clair que pour que chaque nouvelle étape puisse commencer, il faut avoir avancé dans l'étape qui la précède.

3.1.1 Biologie et Écologie de l'Espèce

Il est essentiel de comprendre les interactions entre une espèce et son environnement pour pouvoir expliquer son déclin et identifier les solutions éventuelles. Par exemple, les facteurs d'habitats sont classés par les biologistes comme étant biotiques (aliments, prédation, etc.), physiques (température, précipitation, etc.) et édaphiques (sol) (Allen 1984). Pour simplifier, nous pouvons décrire parmi ces catégories les 'facteurs menaçants' comme étant les divers types de facteurs provoquant la mortalité et les 'facteurs de bien-être' comme étant ceux qui maintiennent les taux de reproduction élevés et protègent les animaux contre les 'facteurs menaçants'. Il est important d'analyser les recherches disponibles et de mener des études sur les espèces menacées pour identifier ces facteurs et garantir qu'ils sont décrits à un niveau qui permet de les quantifier et de les évaluer et les comparer. Ce processus



doit commencer par la compréhension de la biologie de l'animal et ceci pourrait conduire à des évaluations environnementales pour quantifier les ressources disponibles et évaluer leur qualité. Les informations de ce genre peuvent être présentées et évaluées sous forme de diagramme (Bailey 1984). Pour les espèces dont les populations sont en déclin, il est important de prendre conscience du fait que les populations restantes peuvent être dans un habitat marginal quand on suppose qu'il n'y aurait plus qu'un seul habitat idéal. De ce fait, il est préférable d'utiliser des recherches sur plusieurs sites et des données historiques quand cela est approprié.

Idéalement, des données précises et suffisantes sont disponibles pour répondre à toutes les questions pertinentes sur l'espèce, permettant ainsi d'expliquer pleinement le déclin. Il est très improbable que de telles données soient disponibles. Il est important de savoir quelles questions sont pertinentes pour orienter la recherche sur les espèces menacées dans le futur.

Toutes les techniques utilisées pour étudier le déclin d'une population sur une période donnée demande une comparaison de données comparables d'une année à une autre ou d'une zone à une autre afin de cerner non seulement l'évolution en nombre mais également la dynamique de l'évolution.

3.1.2 Dynamique de Population

La dynamique de population regroupe les variations dans la taille de la population, la composition en termes d'âge et de sexe, les taux de reproduction et de mortalité et la qualité des populations animales (Bailey 1984). Pour pouvoir identifier les déclin de population au sein d'une espèce et mettre en relief la nécessité d'une action de conservation, nous devons avoir des données qui démontrent les changements en question. Les données de recensement obtenues d'un dénombrement de la population possible ne suffisent pas à cette fin. Les espèces menacées sont souvent en petit nombre et ont une distribution limitée, ce qui rend le processus de recensement plus pratique. Il pourrait être nécessaire cependant d'utiliser des méthodes d'échantillonnage pour avoir une image plus détaillée de la structure de la population dans une zone plus restreinte puis d'extrapoler à l'ensemble de la population. Plus le

nombre de zones d'échantillonnage est grand, mieux cela vaudra parce que cela réduit le risque d'erreurs liées à la variation naturelle dans l'utilisation de l'habitat et dans la distribution de l'espèce. La méthodologie employée doit quantifier les paramètres exposés ci-dessus.

3.1.3 Taille de la Population avec la Composition en Termes d'Âge et de Sexe

Diverses méthodologies pour mesurer la taille de la population peuvent être appliquées en fonction des espèces mais l'âge et le sexe des individus doivent être enregistrés. Ceci peut exiger une manipulation de l'animal et un système de classement selon l'âge pour certaines espèces parce qu'à moins que les animaux aient été marqués et que l'on connaît leur historique, il est souvent difficile de faire d'autres estimations si ce n'est que de dire que l'individu est un nourrisson, un juvénile, un sub-adulte ou un adulte. La morphométrie (poids et mensurations des spécimens) devrait également permettre d'avoir une meilleure compréhension de la structure en âge pour de nombreuses espèces pour lesquelles il n'est pas possible de définir des tranches d'âges spécifiques, y compris les reptiles.

Par exemple, la méthode de capture-recapture par piégeage d'une espèce de tortue d'eau douce malgache endémique et en danger, *Erymnochelys madagascariensis*, a permis de connaître la structure de la population, le nombre de juvéniles par rapport aux adultes et le sexe. Les individus capturés sont mesurés, pesés et identifiés par marquage. À partir des mensurations, on connaît le nombre de juvéniles ainsi que le nombre d'adultes. La longueur de la queue par rapport à la taille des individus permet de connaître le sexe chez les individus adultes. Ces informations donnent également une idée du sexe ratio (nombre de femelles par rapport au nombre de mâles). Cette méthode est importante aussi pour le suivi et pour la connaissance de croissance des individus après la recapture (Veloso et al. 2003).

3.1.4 Taux de Reproduction

Il est généralement nécessaire d'appliquer un système d'échantillonnage dans ce domaine. Il est nécessaire



de recourir à des zones d'étude représentatives où les tentatives de reproduction de tous les individus, sinon de la plupart, peuvent être suivies. Les données sur les tentatives réussies et les tentatives ayant échoué devraient permettre de calculer le résultat. Pour certaines espèces d'oiseaux, le calcul pourra porter sur le taux de survie journalier (Mayfield 1961) et les taux de réussite à l'état d'œuf, de poussin, et d'oisillon pourront être comparés d'une année à une autre ou d'un site à un autre. Une approche similaire pourrait être utilisée pour les amphibiens et les reptiles dont les sites de ponte et les masses d'œufs peuvent être suivis de près. Dans la mesure du possible, il faut enregistrer les causes d'échec, ce qui peut être fait en constituant une base documentaire des preuves à partir de pistes, de marques de dents ou de griffes sur les œufs ou sur le corps des nouveau-nés ou l'aide des technologies disponibles comme les caméra traps et les vidéos télécommandées. Des nids ou des sites de reproduction artificiels pourraient être utilisés pour identifier les prédateurs potentiels et les taux de prédation comme il a été fait pour l'oise d'Hawaï (Black et Banko 1994).

4. TAUX DE MORTALITÉ

En général, les taux de mortalité sont calculés sur des cadres temporels bien définis afin d'avoir une extrapolation prudente par la suite (Sutherland 2000). Cependant, la mortalité peut être plus élevée dans certaines zones ou à certaines périodes de l'année. Si 50% des juvéniles meurent dans les six premiers mois, cela ne veut pas dire que le taux de mortalité annuelle chez les juvéniles est de 100%. En effet, 100% des survivants des six premiers mois, peuvent survivre 12 mois; les animaux les plus en forme ayant prouvé leur capacité de survie. Il existe un certain nombre de méthodes alternatives pour obtenir des données requises pour procéder à une estimation de la mortalité:

- A partir des décès ou des pertes d'individus enregistrés au sein d'une population connue ou d'une sous-population marquée.
- A partir des changements dans la taille de la population bien que cette méthode donne un taux de mortalité pour l'ensemble des tranches d'âges.
- A partir du processus de marquage-lâcher-recapture à condition qu'il y ait plus de deux

sessions.

- A partir de la structure d'âge de la population, avec comme hypothèse que les niveaux de reproduction et de mortalité sont constants et en conséquence les niveaux de population. Etant donné que nos efforts porteront en toute probabilité sur des populations en déclin – donc avec des distributions par âge et par sexe non stables – il est très peu probable que cette méthode soit utilisable.
- Recouvrement d'individus marqués dans l'hypothèse où les marques ne disparaissent pas et tous les décès d'animaux marqués sont enregistrés.

Avec ces ensembles de données, il devrait être possible de dégager les changements dans la dynamique d'une population et de reconnaître d'éventuels signes avertisseurs tels que l'incapacité à se reproduire, une faible proportion de juvéniles dans la population, des sexes ratios biaisés ou une forte mortalité adulte (Olney et al. 1994).

4.1 Identifier les Relations Causales

Il s'agit d'identifier les facteurs limitant qui font qu'une espèce ait tendance au déclin ou qui conduisent l'espèce vers l'extinction dans le cas d'une espèce menacée. En général, les espèces qui ont évolué dans des environnements stables et qui sont sélectionnées sont les plus vulnérables au déclin du fait qu'elles tendent à avoir un taux de reproduction plus faible et à être moins capables de réagir faces aux changements dans leur environnement. Cependant, ils vivent plus longtemps que les espèces R-sélectionnées ce qui peut occulter une instabilité importante dans la distribution selon l'âge du fait de la stabilité relative dans le nombre effectif de la population et par-là le déclin inévitable des populations futures.

Prises ensembles, nos connaissances écologiques, biologiques et démographiques de l'espèce peuvent nous permettre de commencer à identifier les causes du déclin et avoir une indication de la vulnérabilité potentielle du taxon en général. Pour parvenir à une conservation efficace d'une espèce, certaines décisions doivent être prises. Les responsables des projets de



conservation effectuent systématiquement des choix en cours d'action et cela se fait à divers niveaux.

- **Intuitif** – Sentiment subjectif ou approximation forme de connaissances immédiates qui ne recourent pas au raisonnement
- **Par expérience** – Comparaisons avec des situations similaires pour la même espèce ou une espèce semblable pour laquelle on dispose de plus d'informations
- **Déductif** – Recours à la modélisation pour mener des recherches en vue de clarifier des situations écologiques ou démographiques complexes

Les deux premiers points ont été couverts mais il y a toujours un moyen d'étudier une espèce donnée pour identifier les risques de déclin et les causes d'un déclin effectif.

L'utilisation de modèles de population nous permet d'analyser tant au niveau déterministe (prédictible) que stochastique (aléatoire) l'effet des facteurs de bien-être sur les espèces afin de déterminer lesquels ont le plus d'impact. Les modèles de population nous permettent de prédire la taille et la structure probables des populations

dans le futur et dans certains cas leur santé génétique.

Les modèles de métapopulations stochastiques comme Vortex utilisent des paramètres basés sur l'espèce et des paramètres environnementaux pour prédire le maintien et la structure d'une population dans le futur. Le modèle simule la mortalité, la reproduction, l'émigration et l'immigration des individus dans le temps. Le modèle exige des données de qualité sur l'espèce étudiée ou sur une espèce ou un habitat similaire. Des recherches ont été menées pour évaluer la précision de tels modèles en utilisant des espèces tels que le Zostéorops à dos gris du Capricorne pour laquelle des ensembles de données à long terme étaient disponibles pour cette espèce. Ces données ont montré que les estimations basées sur les données sur cinq ans sont très différentes des résultats obtenus avec des données sur 15 à 25 ans (Brook et Kikkawa 1998). Ceci semble dire qu'il faut être prudent sur la fiabilité des prédictions basées sur des données limitées et qu'il faut répéter le processus de modélisation à mesure que les données s'améliorent.

ENCADRÉ 2: TYPES DE MODÈLES (BEISSINGER ET AL. 1998)

1. Modèles analytiques

Ils ont tendance à ne pas être efficaces avec des populations de petite taille à cause des effets de la stochasticité démographique, environnementale et catastrophique.

2. Modèles déterministes de population unique

Ils sont basés sur l'hypothèse que les taux sont constants ou presque constants, ce qui est peu probable du fait que la plupart des écosystèmes connaissent des changements environnementaux considérables sur des cycles relativement courts en comparaison au temps de génération.

3. Modèles stochastiques de population unique

Ils sont structurés autour d'un diagramme de cycle de vie d'une espèce. Ils utilisent les méthodes de Monte Carlo pour tirer un échantillon à partir de distributions sous-jacentes et pour projeter la population sur un nombre donné d'années.

4. Modèles de métapopulations

Ils sont essentiellement basés sur le principe de l'exemple précédent mais incorporent plusieurs populations. Ils permettent de prendre en considération plusieurs populations avec des taux de migrations variables. Les populations individuelles peuvent être modélisées sous plusieurs conditions environnementales. C'est le type de modèle le plus fréquemment utilisé et Vortex en constitue un exemple.

5. Modèles spatialement explicites

Ils incorporent une grille ou une structure à cellules sur l'habitat et placent les individus. Ce système permet une intégration de loin plus grande d'informations spatialement explicites sur l'adéquation ou la dégradation de l'habitat, etc. Le système requiert beaucoup de données et de temps, ce qui en fait un modèle peu approprié pour un usage fréquent.



4.2 Exemple d'Outil de Gestion: Le Vortex

Le Vortex a été développé par Chicago Zoological Society, et est un logiciel d'accès libre qui permet une simulation des populations d'espèces afin de déterminer leur viabilité.

Une fois que les prédictions sur le maintien de la population ont été faites, il est possible d'utiliser le test de sensibilité pour faire varier les paramètres appropriés en vue d'identifier la population la plus vulnérable. Ceci nous permet de prendre en considération, à titre d'exemple, les changements potentiels dans l'environnement, la réduction de la capacité de support, l'augmentation de la prédation, la mortalité liée à la maladie ou la chasse à laquelle la population pourrait être exposée.

Une fois que les vulnérabilités ont été identifiées et confirmées en tant que causes probables du déclin par référence avec les connaissances sur l'espèce, il est possible de considérer des actions pour y remédier. A partir d'une estimation du niveau d'impact réalisable des paramètres disponibles dans le modèle en conséquence des actions de gestion spécifiques, il est possible de produire des scénarios qui incorporent cette gestion et identifier comment ces actions affectent le pronostic pour la population.

Quels que soient les mécanismes que nous utilisons pour maîtriser les facteurs limitants, la formulation d'une approche de gestion doit exploiter au mieux les expertises et les expériences disponibles. Depuis la préhistoire, l'homme a développé des techniques de domestication et de maintien des populations pour la chasse. Plus récemment, de nombreux efforts pour manipuler les espèces, en particulier pour maintenir des espèces sur les îles, ont donné des résultats impressionnants notamment avec les oiseaux. Nous devons tenir compte de ces travaux et les capitaliser afin de développer les compétences pour mitiger les facteurs limitants, inverser le déclin des populations et assurer la conservation des espèces.

5. RÉPONSES DE GESTION

La solution ultime à long terme à la quasi-totalité

des problèmes auxquels sont confrontés les espèces indigènes serait la restauration de leur habitat. Il n'est pas possible de faire tourner l'horloge en sens inverse et le processus du rétablissement de l'équilibre dans les écosystèmes est lent et compliqué. Jusqu'à ce jour, les réussites obtenues en matière de restauration ont été d'envergure limitée: on pourrait citer comme exemple, l'enlèvement des espèces introduites sur l'île Ronde (Tonge 1989). Dans de nombreux cas, il est nécessaire de mener, en même temps des mesures à long terme et des actions à court terme afin d'empêcher la perte d'espèces due à des écosystèmes endommagés et vulnérables.

5.1 Nutrition

L'approvisionnement en nourritures peut être compromis par une perte de quantité ou de qualité. Les problèmes, dans ce domaine, peuvent durer tout le long de l'année, ou pendant une saison ou une période cyclonique. Il faut également tenir compte du fait que les populations restantes des espèces menacées peuvent vivre dans des habitats marginaux plutôt qu'optimaux comme on le suppose souvent. Un apport d'alimentation supplémentaire peut être vital pour des populations animales en danger. A l'île Maurice, l'habitat indigène de la perruche de Maurice et du pigeon rose a été détruit à cause du défrichement à des fins agricoles et à cause de l'invasion d'espèces étrangères, en particulier le goyavier, le troène, les cochons et les rats. Pour accroître immédiatement la capacité de charge de l'environnement, une alimentation supplémentaire en grains a été utilisée avec succès pour ces animaux pendant un certain nombre d'années (Jones 2004). Les varans de Komodo ont été nourris pour accroître les revenus du tourisme à Flores pendant un certain nombre d'années mais aucune donnée ne montre l'effet de cette alimentation supplémentaire sur la capacité de charge et sur les populations (Walpole et al. 2001).

L'alimentation supplémentaire est habituellement une composante essentielle des programmes de translocation ou de réintroduction. Cela a été le cas avec le lâcher du Maki varié (ou Lémur à collerette) à Betampona, Madagascar. Des crottes de primates ont été fournies dans des paniers suspendus et de l'eau a été mise à la disposition des animaux (Britt et al. 1999). La fourniture d'aliments non contaminés afin d'éviter



des cas où le plomb ou d'autres contaminants ont été impliqués dans les déclin – par exemple, le condor de Californie, l'aigle de mer à queue blanche, les griffons et les vautours d'Inde (Cade et al. 1997). La disponibilité de l'eau peut également être un problème. Le département de la Pêche et de la Chasse de Californie a mis au point des techniques pour augmenter la disponibilité de l'eau pour les oiseaux (gallinacés) et les mammifères. Cette méthode a été proposée en alternative à l'alimentation pour les varans de Komodo (Walpole et al. 2001).

5.2 Intervention au Niveau de la Reproduction

L'incapacité à se reproduire ou la perte de progéniture sont des causes importantes de nombreux déclin. Ces causes ont souvent trait à la disponibilité de sites de ponte, à la nutrition et à la prédation. Des techniques sont utilisées pour maximiser la survie de la progéniture. La chevêche des terriers d'Amérique du Nord donne une nichée allant jusqu'à 12 œufs. Selon ce qui a été constaté, l'alimentation supplémentaire au nid peut augmenter la productivité en oisillon de 41% (Wellicome 1997). Le prélèvement de la nichée entière ou des œufs pour une incubation artificielle, ou par une mère de remplacement ou par une autre espèce, constitue une option pour de nombreuses espèces d'oiseaux et de reptiles. La redécouverte inespérée d'un petit groupe de fuligules de Madagascar (*Aythya innotata*) en 2006 a conduit à la mise en place d'un programme d'élevage en captivité avec des prélèvements des œufs et a permis d'avoir en 2013 une cinquantaine de fuligules soit près de 5 fois la taille de la population à sa découverte (Durrell Wildlife Conservation Trust 2013).

Ces processus d'incubation ont été utilisés pour les espèces d'oiseaux de Mauritanie (Jones et al. 1999). Pour certains de ces processus, la captivité pourrait être requise mais dans ces cas, les animaux sont généralement relâchés aussitôt que possible. Les crécerelles de l'île Maurice ont également pu produire plus d'oisillons grâce à une alimentation supplémentaire (Jones et al. 1999). La protection des nids contre la prédation a été utilisée pour un certain nombre d'espèces comme les tortues des Galápagos, l'iguane de Sainte Lucie et de nombreuses espèces de tortues marines. Le bandage des arbres et la suppression des branches reliant aux autres arbres peuvent être efficaces pour certaines

espèces qui font leurs nids dans les arbres. La mortalité au nid peut être causée par de nombreux facteurs dont la présence de parasites et les infections. Le nettoyage des sites potentiels pour la préparation de la nidification et le traitement des oisillons peuvent être effectué comme dans le cas des perruches de Maurice (Jones et al. 1999). L'incapacité à se reproduire peut être due à des sites de reproduction non appropriés ou dégradés. Pour de nombreuses espèces, les sites de nids humides peuvent constituer un problème et la réhabilitation ou l'amélioration peuvent être des options viables. Ce mécanisme a été employé pour les perroquets de Porto Rico, la crécerelle de Maurice, les guachavos des cavernes (Cade et al. 1997).

Même si les sites de nidification existant sont réhabilités, le nombre de sites disponibles peut limiter la reproduction. C'est le cas en particulier pour les espèces qui font leurs nids dans les creux d'arbres quand les vieux arbres adultes disparaissent de leur habitat. Il est possible de créer des sites de nidification ou de reproduction artificiels. Ce mécanisme a réussi avec les perroquets de Porto Rico, les waldrop ibis, l'oiseau bleu d'Amérique du Nord, les perruches de Maurice, le balbuzard (Booth et Corbould 2002) et le pygargue à tête blanche entre autres espèces d'oiseaux. La création de sites de reproduction artificiels a été également utilisée pour les amphibiens tels que les crapauds de Natter Jack à travers la création de bassins et de citernes printaniers pour les alytes de Majorque. Une même approche peut être utilisée pour offrir des tanières aux mammifères et a été employée avec les loutres avec la création de charnières artificielles.

La reproduction artificielle ou modifiée présente un autre avantage: elle peut être conçue de manière à éliminer la concurrence avec d'autres espèces. Par exemple, la modification des sites de nidification pour le pétrel des Bermudes a permis de réduire la concurrence avec les oiseaux tropicaux à queue blanche (*Phaeton* sp., *Phaetonidae*) (Cade et al. 1997). En Utila, le défrichage des espèces végétales envahissantes crée des sites de nidifications plus appropriés pour les iguanes.

5.3 Réduction de la Mortalité

La hausse de la mortalité peut être un problème qui



touche les adultes et les juvéniles et peut être tout aussi bien associée à la capacité de reproduction. Les prédateurs sont souvent la cause primaire de cette augmentation de la mortalité mais il peut y avoir d'autres facteurs à l'œuvre. La suppression complète des prédateurs peut ne pas être possible à court terme ou pas du tout possible pour certains cas. Mais une lutte contre les prédateurs peut réduire la mortalité à des niveaux soutenables (Jones et al. 1999).

D'autre part, le maintien des refuges naturelles permet de réduire la mortalité. L'amélioration des litières de roseaux pour *Erythmnochelis madagascariensis* (tortue d'eau douce malgache), les herbes et les broussailles pour *Geochelone yniphora* (tortue à soc et terrestre malgache), peut produire une différence importante pour les petites populations. Des refuges artificiels peuvent être créés pour réduire la prédation. C'est le cas avec la mise en place de boîtes en bois pour l'iguane bleu à Caymen et de boîtes servant de nids pour le doormice. Les boîtes à chauve-souris et les hibernaculas de gestion pour les chauves-souris et les reptiles se sont avérés être des outils importants dans la gestion de ces espèces.

La lutte contre les maladies par réduction des contacts avec les vecteurs peut faire baisser le risque et l'incidence de la transmission des maladies. La création de zones tampons où sont parqués les animaux transportés comme dans le cas de l'utilisation de passeports pour les animaux domestiques constitue un des mécanismes qui a été utilisés. Les programmes d'éducation, comme ceux destinés à prévenir la réintroduction non contrôlée des tortues de Gopher aux États-Unis, peuvent grandement contribuer à prévenir l'introduction de maladies. Le traitement et la vaccination constituent des approches plus agressives. Elles sont employées pour la lutte contre la rage et la maladie de Carré avec le loup d'Éthiopie, avec le furet à pattes noires. Les travaux sur le terrain et les mouvements d'animaux associés aux activités de conservation posent également un risque qu'il faut évaluer et réduire au minimum. Par exemple, il faut établir de bons protocoles de recherches, procéder au nettoyage des véhicules et des équipements pour prévenir le transfert de champignons chytrid entre sites d'amphibiens.

Les problèmes génétiques liés à la consanguinité ont été identifiés chez un certain nombre de taxons. La gestion de métapopulation inclut des mouvements artificiels d'individus entre les animaux dans la nature et ceux élevés en captivité. La création de corridors pour faciliter ce mouvement a été utilisée pour ces espèces. La pollution génétique par hybridation représente un autre problème préoccupant. L'espèce envahissante de l'iguane verte des Caraïbes s'accouple avec *Iguana delectissima*. Il est possible que ce processus finisse par absorber les quelques populations pures restantes.

A court terme, une combinaison de ces actions peut aider à prendre soin d'une population en déclin durant une crise et pourrait même accroître leur nombre. Si la restauration de l'habitat n'est pas possible, ce type de gestion pourrait être requis indéfiniment pour assurer la survie de l'espèce.

5.4 Réintroduction et « Translocation »

La réintroduction des espèces extirpées dans leur milieu naturel ou de l'environnement restauré a été utilisée communément comme outil utile dans la conservation. Pour qu'une relâche /réintroduction devienne un succès, il faut qu'il y ait une étude préalable visant différents domaines, telle que les aspects biopolitique et socio-économique, l'habitat ainsi que les financements à long terme soient accomplies (Beck et al. 1994).

La réintroduction d'une espèce est une partie de restauration, alors il faudrait commencer à petites échelles. Avant la réintroduction, de nombreuses questions doivent d'abord être considérées (Gilpin 1987). Par exemple: Quelles exigences doivent être prises en considération pour fournir une suffisante variation génétique, adéquates au sex ratio, et quelle cohésion sociale est elle nécessaire pour assurer la viabilité de la population? Dans le processus de la restauration quel est le meilleur moment pour réintroduire l'espèce? Est-ce que le temps optimal dépend de la place de l'espèce dans la chaîne alimentaire? Quels aspects du paysage et saison de l'année doivent être considérés? Quelle mesure de sécurité est recommandée pour maximiser la probabilité de succès dans une réintroduction en maintenant des coûts raisonnables? etc. (Simberloff et al. 1997).



D'autres techniques pourraient être procédées pour assurer la survie de l'espèce.

5.5 Lutte Contre la Prolifération des Espèces Envahissantes

Dans de nombreux cas, il est extrêmement difficile de lutter contre la propagation des espèces envahissantes. Actuellement, différentes techniques sont utilisées pour faire disparaître ou du moins pour freiner la prolifération des espèces envahissantes. Des tests d'utilisation d'hormones reproductrices sont en cours sur le cours d'eau de Louisiane en Afrique, mais seuls le drainage et la lutte mécanique se sont révélés efficaces. L'introduction d'une espèce de poisson carnivore (*Ophiocephalus striatus*) d'origine asiatique est devenue une menace potentielle pour les poissons endémiques malgaches si bien que la lutte contre son expansion est actuellement une activité prioritaire du Ministère des Pêches du gouvernement malgache.

6. LES STRATÉGIES DE CONSERVATION

6.1 Action de Conservation Visant à Réduire le Risque d'Extinction

Les scientifiques reconnaissent que de grandes extinctions se sont produites dans le passé bien avant que l'espèce humaine ait commencé à influencer sur la nature. Plus récemment, les êtres humains ont été à l'origine de la perte de nombreuses espèces du fait qu'ils ont détruit les habitats de ces dernières ou les ont directement tuées à diverses fins. Une perte d'espèce est irréversible alors qu'il est possible d'agir sur le risque d'extinction à travers une action de conservation. Cependant, identifier la catégorie de menace ne suffit pas toujours pour déterminer les priorités dans les actions de conservation. Elle ne donne qu'une évaluation du risque d'extinction en fonction des circonstances existantes alors que le système d'évaluation des priorités pour les actions de conservation doit tenir compte de nombreux autres facteurs comme les coûts, la logistique, les chances de réussite ainsi que les autres caractéristiques biologiques de l'espèce.

Les actions de gestion destinées à améliorer la survie d'une espèce donnée ne sont pas mises en œuvre

isolément mais en tant qu'élément d'un groupe d'activités. Les activités doivent être conçues de manière stratégique pour qu'elles aient le plus grand impact positif possible et pour qu'elles tiennent compte d'un certain nombre de contraintes externes. La mise en place des aires protégées dans les sites où des espèces étaient en danger critique d'extinction tel que le fuligule de Madagascar (*Aythya innotata*) et la pygargue de Madagascar (*Haliaeetus vociferoides*) a permis de stabiliser ces très faibles populations qui servent aussi d'espèces phares pour d'autres espèces menacées dans le même écosystème (Rabearivony et al. 2010).

6.2 Les Contraintes Influant sur les Stratégies de Conservation

Dans la réalité, les projets de conservation visent souvent des objectifs multiples dont la survie d'une espèce donnée. Ces objectifs peuvent être de conserver un écosystème représentatif ou un groupe d'espèces endémiques. Il est important de considérer l'impact de toute action spécifique dans la perspective des objectifs multiples. Personne ne voudrait améliorer la population d'une espèce menacée et causer le déclin d'une autre ou abîmer certains aspects précieux de l'écosystème.

Bon nombre d'actions de gestion décrites dans le présent module traitent des problèmes immédiats liés à l'amélioration de la capacité de reproduction et de la réduction de la mortalité. Ces actions peuvent être nécessaires pour renforcer une population et prévenir l'extinction à court terme; mais à long terme il se peut qu'il faille prendre en considération les causes des pressions et d'autres questions fondamentales pour assurer la survie à long terme. La perte d'habitat est une des grandes menaces pour la majorité des espèces sujettes à une pression d'extinction, à Madagascar et probablement pour de plusieurs régions du monde. Les actions destinées à conserver les habitats restants, à prévenir leur fragmentation et à promouvoir leur restauration sont extrêmement importantes. Les lois nationales et internationales ont un rôle très important dans la mise en place des conditions favorables à la conservation des espèces. Par exemple, la refonte du code des aires protégées en 2015 a renforcé la rigueur sur l'importance des sites de conservation. De plus, la



Convention sur le Commerce Internationale d'Espèces Menacées (CITES) peut aider à lutter contre le commerce international dans les cas où il constitue une menace. L'inclusion de *Pyxis planicauda* dans l'annexe I du CITES (interdiction de commerce international) en 2003 a fortement réduit sa collecte dans la nature. Toutefois, malgré une bonne politique et un bon cadre légal, des faiblesses sont souvent notées quant à l'application des règles. Ainsi, le renforcement de l'application de la loi représente une activité importante. De même, l'éducation et la sensibilisation peuvent aider à développer une compréhension de la valeur des espèces et de leurs habitats et à promouvoir un soutien à la conservation.

Les projets de conservation doivent toujours tenir compte du contexte humain, cherchant à maximiser les avantages et à réduire au minimum les coûts aux niveaux local, régional et national. Cette question se pose en particulier pour les pays en développement comme Madagascar où les populations rurales vivant dans des zones à forte biodiversité se battent pour survivre et dépendent fortement des ressources naturelles. Rabearivony et al. (2010) posent comme condition impérative de succès la mise en place d'une gestion communautaire ou avec les communautés du site de conservation d'une espèce menacée. Il est également clair que le contexte économique, juridique et politique de chaque pays a une influence considérable

ENCADRÉ 3: CONSERVATION DES LÉMURIENS

S'il y a un groupe taxonomique qui symbolise la faune malagasy, le lémurien en serait un. Ces primates de Madagascar représentent 20% de tous les primates du monde entier. Du 9 au 14 juillet 2012, une soixantaine d'experts en primatologie se sont réunis à Antananarivo afin de renouveler le statut de toutes les espèces de lémuriens. À l'issue de l'atelier du groupe des spécialistes des primates (IUCN/SSC Primate specialist group), l'on a estimé que 94% de nos lémuriens comptant 103 espèces en ce temps étaient en danger d'extinction (actuellement, Madagascar compte 106 espèces et sous-espèces de lémuriens). Cet atelier a eu une autre portée: en juillet 2013, le Plan Stratégique 2013–2016 pour la conservation des lémuriens fut réalisé, période durant laquelle 28 sites prioritaires sont prévus d'être identifiés et la somme de 7 millions de dollars estimés pour la protection des lémuriens en danger et pour l'amélioration du niveau de vie des populations riveraines de ces aires protégées.

La seule solution satisfaisante pour assurer la future disponibilité en primates pour les besoins biomédicaux des laboratoires ou des parcs zoologiques est la reproduction en captivité. Les programmes de reproduction des primates, bien que fortement encouragés comme alternatives à l'utilisation d'animaux capturés dans leur milieu naturel, devraient être entrepris uniquement dans des institutions possédant les structures appropriés et un personnel expérimenté. Un plan de gestion des populations devrait être soigneusement établi afin de garantir la santé et l'assurance d'une population viable pour les besoins du programme. Les institutions devraient être conscientes des exigences de bien-être des espèces et des individus, et superviser leurs systèmes de reproduction pour en assurer le bon fonctionnement. Idéalement, les systèmes de reproduction devraient reproduire ceux qui existent dans la nature par rapport aux effectifs approximatifs naturellement observés à la fois dans les groupes et en termes de ration mâles/femelles. Ceci est, cependant, fréquemment compromis en raison des contraintes environnementales, d'hébergement ou de recherche. Les principaux systèmes de reproduction généralement adoptés sont récapitulés ci-dessous:

1. Les animaux choisis pour la reproduction devraient être sélectionnés sur la base de l'état sanitaire, la généalogie, les comportements, le tempérament, la configuration des groupes, les capacités reproductrices et de soins matériels potentiels; et ces caractéristiques devraient être réévaluées régulièrement.
2. Les colonies de primates captifs ne devraient pas dépendre de l'importation de primates capturés dans le milieu naturel pour la pérennité de leurs programmes, mais plutôt, utiliser des moyens alternatifs pour attribuer de nouveaux animaux « sources » dans leurs populations reproductrices.
3. Une bonne communication est essentielle entre l'éleveur et l'utilisateur afin de répondre à l'ordre et à la demande aussi précisément que possible pour assurer la continuité de l'élevage et des soins. La familiarisation avec les humains permet au personnel soignant d'observer des comportements ininterrompus et de minimiser le stress lié au traitement.

Auteur: Jonah Ratsimbazafy, Secrétaire Général du Groupe d'Etudes et de Recherche sur les Primates (2015)



sur les stratégies de conservation. Les activités sont inévitablement limitées à causes des ressources financières, humaines et logistiques finies. Les actions doivent être planifiées et priorisées sur la base des stratégies les plus appropriées.

6.3 Conception de Stratégies de Conservation

La recherche scientifique et les conseils d'experts techniques ne constituent de ce fait qu'une partie de la conception d'un projet de conservation d'espèces. Il est souvent efficace de planifier et de mettre en œuvre les projets de conservation en concertation avec toutes les parties prenantes (les personnes ayant un intérêt dans le projet et qui sont affectés par le projet). Ceci permet d'assurer que toute préoccupation et tout obstacle en rapport avec la mise en œuvre du projet sont soulevés suffisamment tôt dans le cadre de la planification et que des mesures d'atténuation ou des compromis sont convenues pour garantir un appui à base plus large et une solution plus durable. Souvent, les gens sont plus disposés à soutenir un processus dans lequel ils ont été impliqués par rapport un processus qui leur a été imposé de l'extérieur.

L'Analyse de Viabilité de l'Habitat et d'une Population (PHVA) mise au point par le Groupe de Spécialistes de la Reproduction pour la Conservation (GSRB) au sein de l'UICN constitue un exemple de processus d'élaboration de plans pour les espèces en danger. En général, des représentants de toutes les parties prenantes sont réunis en atelier de plusieurs jours. L'atelier a pour objectif de réunir toutes les informations connues sur l'espèce en question afin de mettre à jour son statut, d'analyser les menaces et d'élaborer un plan d'action pour la conservation. Une PHVA a été réalisée pour le rat géant sauteur (*Hypogeomys antimena*) de Madagascar en mai 2001 avec 13 participants dont des scientifiques, des représentants des services techniques du gouvernement, des autorités locales, des associations villageoises et des ONG nationales et internationales. Le groupe a défini et priorisé les menaces pesant sur l'espèce, a étudié les causes essentielles et a proposé des stratégies de conservation en conséquence. Après cela, les actions ont été définies et priorisées. Un sous-groupe a synthétisé les connaissances disponibles sur l'espèce, y compris les connaissances personnelles des participants, pour

évaluer le statut actuel de l'espèce. Les participants ont été étonnés de découvrir que les prévisions montraient que l'espèce pouvait disparaître en 25 ans. Suite au PHVA, ils ont été suffisamment motivés pour catalyser la mise en place d'une Plate-forme pour la Conservation de la Biodiversité de Menabe dans le but de créer un soutien à base plus large et mettre en œuvre un plan de conservation. Ce groupe est encore actif sous le nom de Commission Environnement, Forêt et Biodiversité du Comité Régional de Développement de Menabe et les efforts en faveur de la conservation ont abouti à un accord pour la création d'une aire protégée. Les objectifs ont été élargis pour couvrir toute une gamme d'espèces endémiques menacées et des objectifs plus larges en matière de maintien de l'écosystème. L'atelier a favorisé à la fois la mise en commun et l'application d'une diversité de connaissances obtenues avec le temps et a permis de stimuler les actions de conservation en clarifiant les actions prioritaires et en garantissant la participation d'acteurs clés qui pourraient continuer à assurer un leadership dans le processus de conservation.

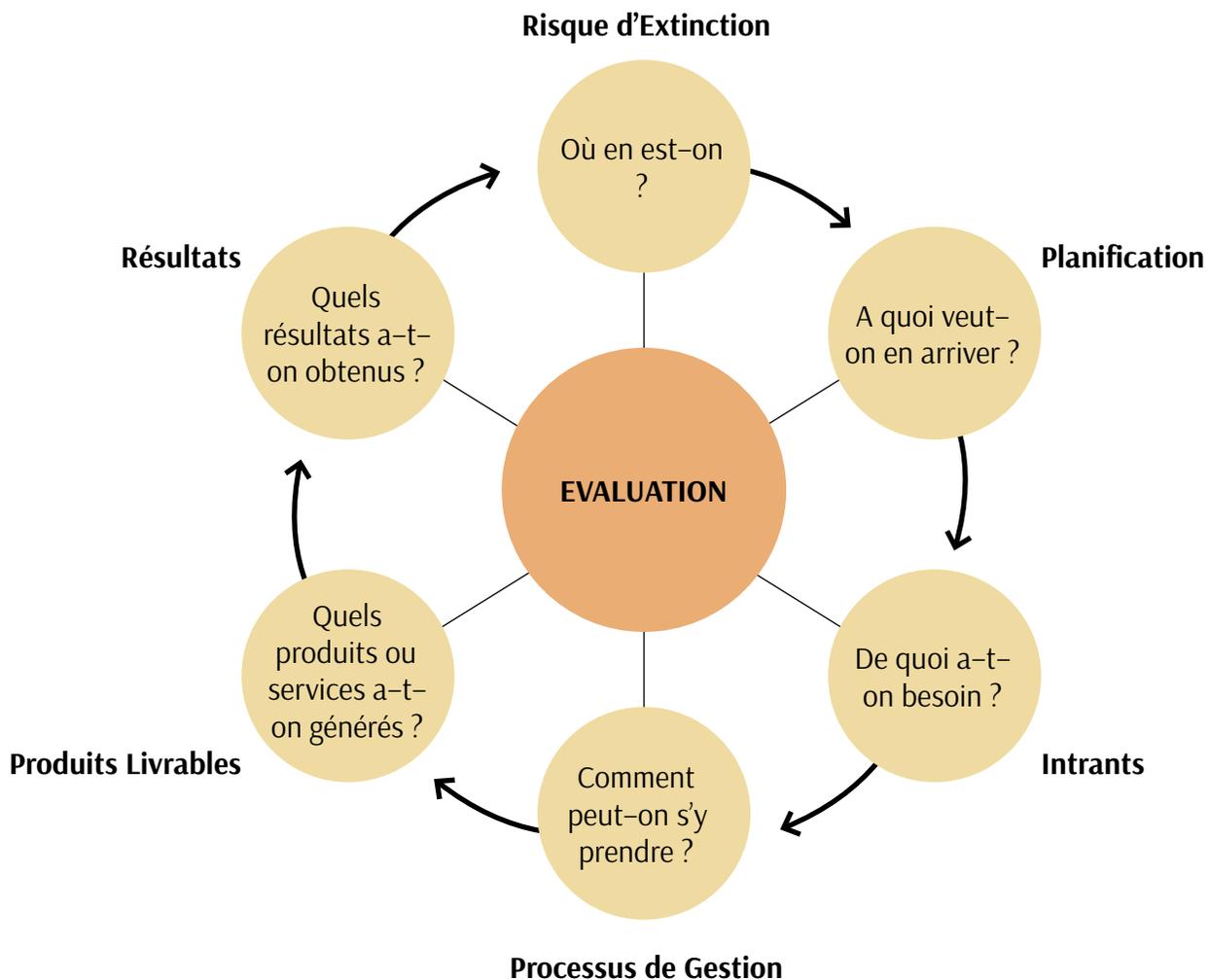
7. EVALUATION DES STRATÉGIES DE CONSERVATION

Une évaluation de la gestion de l'espèce est nécessaire pour s'assurer de l'efficacité des actions pour le maintien de l'espèce, pour informer et réorienter la gestion si besoin est dans un processus de gestion adaptative. Il est peu probable qu'un système général d'évaluation convienne dans chaque situation tenant compte. Des différences importantes quant au temps et à l'argent qu'il est possible de consacrer à des évaluations. Ce cadre vise autant à servir de guide général pour l'élaboration de systèmes d'évaluation qu'à favoriser l'adoption de normes fondamentales pour réaliser des évaluations et établir des rapports. Il s'agit d'un exposé sommaire pouvant servir à élaborer des systèmes, à dresser une liste d'enjeux dont il faut mesurer la portée et à suggérer certains indicateurs utiles.

Tout processus de gestion débute par l'établissement d'une vision (en tenant compte du statut de conservation de l'espèce et des pressions qu'elle subit), enregistre des progrès grâce à la planification et la répartition des ressources, et, par suite de mesures de gestion, suscite éventuellement la fourniture de biens et de services. L'évaluation offre le lien qui permet aux planificateurs



Figure 2. Cadre de gestion et d'évaluation dans la gestion d'une espèce menacée



et aux gestionnaires de tirer partie de l'expérience acquise et aide les pouvoirs publics, les organismes de financement et la société civile à vérifier de près l'utilité des critères de catégorisation de l'UICN.

Une évaluation devrait idéalement consister à examiner tous les aspects du cycle de gestion, notamment le contexte dans lequel cette gestion s'effectue. Elle exige aussi des activités de surveillance et à diverses étapes et chacune de ces étapes devrait porter sur un élément et un centre d'intérêts différents. Le schéma (Figure 2) illustre un cadre commun qui permet d'instaurer des activités de suivi et d'évaluation associant le contexte, la planification, les intrants, les processus, les produits livrables et les résultats.

Ce schéma constitue un outil d'analyse dans la

planification, le suivi et l'évaluation des stratégies et actions de conservation des espèces menacées. Toutefois, l'absence d'informations et de données fiables, le changement brusque du contexte politico-social ou encore l'insuffisance des moyens rendent difficiles la prise de décision sur les actions à entreprendre. Runge (2011) suggère que les gestionnaires d'espèces menacées utilisent davantage des approches de gestion adaptative en identifiant des alternatives plus larges, qui offriraient des suggestions d'actions réalisables dans un contexte d'incertitudes.

BIBLIOGRAPHIE

Akcakaya, H.R., M.A. Burgman, et L.R. Ginzburg. 1999. Applied population ecology: principles and computer exercises using RAMAS Ecolab. Second Edition. Sinauer Associates Inc., Sunderland, Massachusetts, USA.



- Allen, A.W. 1984. Habitat suitability index models: eastern cottontail. Biological Report 82–10.66. U.S. Fish and Wildlife Service, USA.
- Bailey, J.A. 1984. Principles of wildlife management. Wiley et Sons, Inc. New York, New York, USA.
- Beck, B.B., L.G. Rappaport, M.R.S. Price, et A.C. Wilson. 1994. Reintroduction of captive–born animals. Pages 265–286 dans P.J.S. Olney, G.M. Mace, A.T.C. Feistner, éditeurs. Creative conservation: interactive management of wild and captive animals. Chapman & Hall, London, UK.
- Beissinger, S.R. 1998. On the use of demographic models of population viability in endangered species management. Journal of Wildlife Management 62(3):821–41.
- Black, J.M., et P.C. Banko. 1994. Is the Hawaiian goose saved from extinction? Pages 394–410 dans P.J.S. Olney, G. M. Mace, et A.T.C. Feistner, éditeurs. Creative conservation: interactive management of wild and captive animals. Chapman & Hall, London, UK.
- Booth, B.P., et F.B. Corbould. 2002. Abundance and Distribution of Osprey Nest Sites in the Williston Reservoir Area, North–Central British Columbia. PWFWCP Report No. 277. Peace Williston Fish and Wildlife Compensatin Program, Prince George, British Columbia, Canada.
- Britt, A., C. Welch, et A. Katz. 1999. Re–stocking of *Varecia variegata variegata*: the first six months. Laboratory Primate Newsletter 38:19–20.
- Brook, B.W., et J. Kikkawa. 1998. Examining threats faced by island birds: a population viability analysis on the capricorn silvereve using long–term data. Journal of Applied Ecology 35(4):491–503.
- Bruggemann, J.H., M. Rodier, M.M.M. Guillaume, R. Arfi, J.E. Cinner, M. Pichon, F. Rasoamanendrika, J. Zinke, et T.R. McClanahan. 2012. Wicked social–ecological problems forcing unprecedented change on the latitudinal margins of coral reefs: the case of southwest Madagascar. Ecology and Society 17(4):47.
- Cade, T.J., J.H. Enderson, L.F. Kiff, et C.M. White. 1997. Are there enough good data to justify listing the American peregrine falcon? Wildlife Society Bulletin 25(3):730–738.
- Cheke A., et J.P. Hume. 2008. Lost land of the dodo: the ecological history of the Mascarene Islands. A and C Black publishers, London, UK.
- Donque, G. 1975. Les cyclones tropicaux des mars malgaches. Madagascar Revue de Géographie 27(1975):9–63.
- Durrell Wildlife Conservation Trust. 2013. Saving the Madagascar pochard, species background information. Durrell Wildlife Park, La Profonde Rue, Jersey, UK.
- Ganzhorn, J.U. 1995. Cyclones over Madagascar: fate or fortune?. Ambio 24(2):124–125.
- Gilpin, M.E. 1987. Minimum viable populations: a restoration ecology perspective. Dans W.R. Jordan III, M.E. Gilpin, et J.D. Aber, éditeurs. Restoration ecology: a synthetic approach to ecological research. Cambridge University Press, New York, New York, USA.
- Gray, G.J., M.J. Enzer, et J. Kusel. 2001. Understanding community–based forest ecosystem management. Journal of Sustainable Forestry 12(3–4):1–23.
- Grihault, A. 2007. Solitaire: the dodo of Rodrigues Island. Self published, Mauritius.
- Heupink, T.H., H. van Grouw, et D.M. Lambert. 2014. The mysterious spotted green pigeon and its relation to the dodo and its kindred. BMC Evolutionary Biology 14:136–142.
- Hume, J.P., et L. Steel. 2013. Fight club: a unique weapon in the wing of the solitaire, *Pezophaps solitaria* (Aves: Columbidae), an extinct flightless bird from Rodrigues, Mascarene Islands. Biological Journal of the Linnean Society 110(1):32–44.
- Jones, C.G. 2004. Conservation and management of endangered birds. Pages 269–301 dans W.J. Sutherland, I. Newton, et R.E. Green, éditeurs. Bird Ecology and Conservation. A handbook of techniques. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Jones, C.G., K.J. Swinnerton, et J. Hartley. 1999. Restoration of the free living populations of the Mauritius kestrel (*Falco punctatus*), pink pigeon (*Columba mayeri*) and echo parakeet (*Psittacula eques*). Pages 77–86 dans les procédures de la 7th conference of Breeding Endangered Species. Cincinnati, Ohio, USA.
- Krebs, C.J. 2001. Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance. Fifth Edition. Pearson Benjamin Cummings, Harlow, UK.
- Mace, G.R., et R. Lande. 1991. Assessing extinction threats; towards a re–evaluation of IUCN threatened species category. Conservation Biology 5(2):148–157.
- Malcom, J. 1994. Edge effects in central Amazonian forest fragments. Ecology 75(8):2438–2445.
- Mayfield, H. 1961. Nesting success calculated from exposure. The Wilson Bulletin 73(3):255–263.
- Mayr, E. 1969. Principals of systematic zoology. McGraw Hill, New York, New York, USA.
- Miller, D., J. Lin, et Z. Lu. 1991. Some effects of surrounding forest canopy architecture on the wind field in small clearings. Forest Ecology and Management 45(1):79–91.
- Olney, P.J.S., G.M. Mace, et A.T.C. Feistner. 1994. Creative conservation: interactive management of wild and captive animals. Chapman & Hall, London, UK.
- Primack, R.B., et J. Ratsirarson. 2005. Principe de base de la conservation de la biodiversité. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, University of Antananarivo, Madagascar.
- Rabearivony, J., R. Throstrom, L.A. de Roland, M. Rakotondratsima, T.A. Andriamalala, T.S. Sam, G. Razafimanjato, D. Rakotondravony, A.P. Raselimanana, et M. Rakotoson. 2010. Protected area surface extension in Madagascar: do endemism and threatened species remain useful criteria for site selection?. Madagascar Conservation and Development 5(1):35–46.
- Ratsimbazafy, J.H. 2002. On the brink of extinction and the process of recovery: responses of black–and–white ruffed lemurs (*Varecia variegata variegata*) to disturbance in Manombo forest, Madagascar. Ph.D. thesis, State University of New York at Stony Brook, Stony Brook, New York, USA.
- Ratsimbazafy, J.H., H.V. Ramarosandratana, et R.J. Zaonarivelo. 2002. How do black–and–white ruffed lemurs still survive in a highly disturbed habitat. Lemur News 7(2002):7–10.
- Runge M.C. 2011. Adaptive management for threatened and endangered species. Journal of Fish and Wildlife Management 2(2):220–233; e1944–687X. DOI: 10.3996/082011–JFWM–045
- Salasfky, N. et al. 2008. A standard lexicon for biodiversity conservation: unified classifications of threats and actions.



- Conservation Biology 2(4):897–911.
- Saunders, D., R. Hobbs, et C. Margules. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Biological Conservation* 5(1):18–32.
- Simberloff, D.D., D.C. Schmitz, et T.C. Browns. 1997. *Strangers in paradise: impact and impact and management of nonindigenous species in Florida*. Island Press, Washington, D.C., USA.
- Struhsaker, T. 1997. *Ecology of an African rain forest*. University of Florida Press, Gainesville, Florida, USA.
- Sutherland, W.J. 2000. *The conservation handbook: research, management and policy*. Blackwell Science, Oxford, UK.
- Tonge, S.J. 1989. The past, present and future of the herpetofauna of Mauritius. *Chicago Herpetological Society Bulletin* 25(1989):220–226.
- Veloso, J., Randriamahita, G. Kuchling, J. Durbin, R. Lewis, L.J. Rakotoniaina, et J. Ratsimbazafy. 2003. Valoriser l'approche « enquête villageoise » pour la conservation de la grande tortue d'eau douce de Madagascar *Erymnochelys madagascariensis*. 2nd Congrès International pour la Conservation de Cheloniens, 12–22 juin 2003. Saly Dakar, Senegal.
- Walpole, M.J., H.J. Goodwin, et K.G.R. Ward. 2001. Pricing policy for tourism in protected areas: lessons from Komodo National Park, Indonesia. *Conservation Biology* 15(1):218–227.
- Wellicome, T.I. 1997. Reproductive performance of burrowing owls (*Speotyto cunicularia*): effects of supplemental food. Pages 68–73 dans *Raptor research reports. The burrowing owl: its biology and management: including the proceedings of the 1st International symposium*. Raptor Research Foundation, 13–17 novembre 1992. Bellevue, Washington, USA.



The Bats of Madagascar: A Conservation Challenge

Scott G. Cardiff¹ and Richard K. B. Jenkins²

¹Columbia University, New York, USA; ²University of Aberdeen, Aberdeen, UK

ABSTRACT

Madagascar has more than 40 recognized species of bats, distributed among seven families, over half of which are endemic to the island, including the family Myzopodidae. While some are recognized as threatened by the IUCN Red List, most of Madagascar's bat species are actually too poorly studied to estimate their conservation status. Further research is needed on the important aspects of bat ecology: roosting patterns and preferences, foraging and habitat use, and diet. Bats perform several important ecosystem services, including pollination and seed dispersal. However, they nevertheless face several common threats such as hunting, persecution, deforestation and disturbances due to tourism and mining. This case study concludes by looking at the conservation outlook for the island's bats.

1. INTRODUCTION

Bats are the only mammals capable of true flight, having membranes that stretch between elongated arm and hand bones, and usually between their legs. In most cases, bats have the ability to echolocate, or produce sound that they can use to perceive their surroundings even in total darkness (Wilson et al. 1996; Fenton 1999). They share this ability with mammals as varied as dolphins, tenrecs, and shrews (Thomas et al. 2004).

Chiroptera, the order of bats, is the mammal order with the second highest number of species after rodents – 1,116 recognized as of 2005, with more described since (Simmons 2005; Goodman 2011). Bats occur on all major land masses except Antarctica (Simmons 2005). Simmons (2005) recognizes 18 families of bats distinguished by notable morphological variations. Feeding habits of bats vary greatly as well. Although most bats feed on insects, other arthropods, or fruit and flower parts, some bats also consume leaves, fish, frogs, blood (a few species in the Americas), birds, and other mammals (Patterson et al. 2003). Foraging behavior and morphological adaptations often vary in accordance with food habits. Various aspects of the fascinating biology of bats have even been the subjects of research for human medical purposes. For instance, bats are extremely long-lived for mammals of their size and research has focused on why this is so, with the aim of understanding aging in humans (e.g., Lambert et al. 2007; Wilhelm et al. 2007). Also, vampire bat anticoagulants may have applications for treating strokes (e.g., Diaz-Ricart 2006).

Evolutionary biologists have traditionally recognized two main groups, or suborders, of bats: Megachiroptera and Microchiroptera (Koopman 1993). The Megachiroptera consisted only of the family *Pteropodidae* (Mickleburgh et al. 1992), or Old World fruit bats, and the Microchiroptera included all other bats (Hutson et al. 2001). Pteropodids differ from other bats in having simple, elongated faces, a claw on their second digit as well as their first, large eyes that reflect light, and not using *laryngeal* echolocation (although species belonging to the genus *Rousettus* use tongue-clicks to echolocate and other Old World fruit bats also use a form of echolocation; Schoeman and Goodman 2012; Boonman et al. 2014). Recent phylogenetic analyses using molecular data suggest that the Pteropodidae are actually members of the revised Yinpterochiroptera suborder, along with several other bat families previously considered Microchiroptera (Teeling et al. 2005; Tsagkogeorga et al. 2013). However, other analyses conducted using both molecular and morphology data indicate that certain previously recognized groups remain valid (Giannini and Simmons 2005; Teeling et al. 2005).

Madagascar possesses a rich community of bats with a high proportion of endemics relative to other islands. The conservation needs of these bats may differ, as well as differ from those of other endemic Malagasy vertebrates. Although we still have much to learn about the ecology and conservation needs of bats, we can identify threats to their survival and strategies that



will promote bat conservation on Madagascar. In the following sections, the general aspects of bat diversity, ecology, and survival threats will be discussed with an emphasis on the ecology and conservation needs of bats in Madagascar.

1. BIODIVERSITY

1.1 Richness and Endemism

Bat biologists currently recognize approximately 44 species of bats on Madagascar (Peterson et al. 1995; Goodman and Cardiff 2004; Simmons 2005; Goodman et al. 2005a,b, 2006a,b,c, 2010a, 2015; Goodman and Ranivo 2004; Goodman 2011; Christidis et al. 2014). Studies continue to identify species not previously recorded as present on the island and cryptic species not previously recognized as distinct species (e.g. Christidis et al. 2014, Goodman et al. 2015). The current assemblage is distributed amongst seven families (Table 1).

Several different principles may have influenced the number of bat species observed in Madagascar. For a variety of reasons (e.g., climate, historical stability, greater land mass globally, mid-domain effect), tropical areas generally have more species than temperate areas. Indeed, more bat species tend to occur in the tropics than in temperate zones, and Madagascar's bat species richness is comparable to the larger area of Europe (Stebbing and Griffith 1986).

The principles of species–area relationships and island biogeography may also be operating. Larger areas generally have more species, given their potential for greater habitat diversity. In addition, MacArthur and Wilson (1967) indicated that far fewer species tend to occur on islands because of the reduced likelihood of new species reaching distant islands, and the increased probability of species going extinct in smaller areas. For example, only 18 species of bats occur in the UK, but more than 31 species are found in Europe (Stebbing and Griffith 1986; Altringham 2003). Madagascar, similarly, has fewer species than some continental tropical areas of comparable or smaller size. The smaller neotropical territory of French Guyana, for instance, has over 102 species of bats (Charles–Dominique and Brosset 2001).

Although the extent of sampling and recognition of genetically–distinguished cryptic species undoubtedly differs between areas in southern Africa and Madagascar, Mozambique (at a similar latitude, larger, and not far from Madagascar) has approximately 45 bat species; Zimbabwe (smaller than Madagascar) has approximately 61 species; and Namibia (larger than Mozambique), has approximately 26 species of bats (Taylor 2000). Also in accordance with species–area relationships, Madagascar has many more species than the much smaller Comoros archipelago, which only has nine (Peterson et al. 1995; Louette et al. 2004; Goodman et al. 2010b).

Amongst large tropical islands, Madagascar appears to have a predictable level of species richness. A comparable 27 extant bat species, for instance, occur on the neotropical island of Cuba (Silva Taboada 1979; Dávalos 2004) and the whole continent of Australia has only around 75 species (Koopman 1984; Mickleburgh et al. 2002). Perhaps because of historical patterns of diversification, or because of Madagascar's greater distance from other landmasses, higher latitude, or status as an oceanic rather than a continental shelf island, Madagascar has lower bat species richness than many large islands in Southeast Asia. These include Papua New Guinea (92 species; Bonaccorso 1998), Sulawesi (60 species), Borneo (98 species), Java (66 species), and Sumatra (63 species; Koopman 1989). On the other hand, the number of families of bats occurring on Madagascar is comparable to those on New Guinea and Borneo (Eger and Mitchell 2003).

Most of the bats of Madagascar are either endemic to the island or the island plus its immediate neighbors (Table 1). Of the approximately 44 species, 32 (73%) occur only on Madagascar and an additional five species (a total of 89%) occur on Madagascar and other islands in the western Indian Ocean. This level of endemism is slightly lower than that of other mammal groups on the island (Goodman et al. 2003), but it is higher than the 38% endemism exhibited by bird species (Hawkins and Goodman 2003) and is relatively high for a bat species assemblage. Indeed, of countries with more than ten endemic bat species, Madagascar has the highest proportion of endemics (Mickleburgh et al. 2002), and both the number of known endemics and the



Table 1. Distribution and conservation status of bats occurring on Madagascar. Species names and distributions are based on references cited in text and as species description authors. IUCN= International Union for the Conservation of Nature; GMA = draft Global Mammal Assessment (IUCN, unpublished); LC = Least Concern; NT = Near Threatened; DD = Data Deficient; EN = Endangered; VU = Vulnerable.

FAMILY	SPECIES AND AUTHORS	GLOBAL DISTRIBUTION OF SPECIES	DISTRIBUTION IN MADAGASCAR	IUCN STATUS
Pteropodidae	<i>Eidolon dupreanum</i> (Schlegel 1867)	Madagascar	Widespread	LR/LC ver 2.3 (1994)
	<i>Pteropus rufus</i> (Tiedemann 1808)	Madagascar	Widespread	VU A2acd ver 3.1 (2008)
	<i>Rousettus madagascariensis</i> (Grandidier 1928)	Madagascar	Widespread	NT ver 3.1 (2008)
Hipposideridae	<i>Hipposideros commersoni</i> (Geoffroy 1813)	Madagascar	Widespread	NT ver 3.1 (2008)
	<i>Triaenops auritus</i> (Grandidier 1912)	Madagascar	N	VU B1ab(iii) ver 3.1 (2008)
	<i>Triaenops furculus</i> (Trouessart 1906)	Madagascar + Aldabra + Cosmoledo	W	LC ver 3.1 (2008)
	<i>Triaenops menamena</i> (Goodman and Ranivo 2009; ex. <i>T. rufus</i> Milne–Edwards 1881)	Madagascar	N,W,S	LC ver 3.1 (2008)
Emballonuridae	<i>Coleura kibomalandy</i> (Goodman et al. 2012) [/ <i>C. afra</i> (Peters 1852)]	Madagascar [+ Africa + Arabian Peninsula]	N,W	Not evaluated
	<i>Emballonura atrata</i> (Peters 1874)	Madagascar	E	LC ver 3.1 (2008)
	<i>Emballonura tiavato</i> (Goodman et al. 2006c)	Madagascar	N,W	LC ver 3.1 (2008)
Emballonuridae	<i>Taphozous mauritanus</i> (É. Geoffroy 1818)	Madagascar + Africa + Comoros + Mascarenes + Aldabra	Widespread	LC ver 3.1 (2008)
Nycteridae	<i>Nycteris madagascariensis</i> (Grandidier 1937)	Madagascar	N	DD ver 3.1 (2008)
Myzopodidae	<i>Myzopoda aurita</i> Milne–Edwards and A. (Grandidier 1878)	Madagascar	E	LC ver 3.1 (2008)
	<i>Myzopoda schliemanni</i> (Goodman et al. 2006b)	Madagascar	W	LC ver 3.1 (2008)

Table 1. continued

FAMILY	SPECIES AND AUTHORS	GLOBAL DISTRIBUTION OF SPECIES	DISTRIBUTION IN MADAGASCAR	IUCN STATUS
Molossidae	<i>Chaerephon atsinanana</i> (Goodman et al. 2010)	Madagascar	E	Not evaluated
	<i>Chaerephon jobimena</i> (Goodman and Cardiff 2004)	Madagascar	N,W,S	LC ver 3.1 (2014)
	<i>Chaerephon leucogaster</i> (Grandidier 1869)	Madagascar + Africa	Widespread/W	LC ver 3.1 (2014)
	<i>Mops leucostigma</i> (Allen 1918)	Madagascar	Widespread	LC ver 3.1 (2014)
	<i>Mops midas</i> (Sundevall 1843)	Madagascar + Africa + Arabian Peninsula	SW,E (St. Maire)?	LC ver 3.1 (2014)
	<i>Mormopterus jugularis</i> (Peters 1865)	Madagascar	Widespread	LC ver 3.1 (2008)
	<i>Otomops madagascariensis</i> (Dorst 1953)	Madagascar	N,W,S	LC ver 3.1 (2008)
	<i>Tadarida fulminans</i> (Thomas 1903)	Madagascar + Africa	S	LC ver 3.1 (2008)
Vespertilionidae	<i>Myotis goudoti</i> (Smith 1834)	Madagascar + Comoros	Widespread	LC ver 3.1 (2008)
	<i>Miniopterus aelleni</i> (Goodman et al. 2009)	Madagascar + Comoros	N,C,W	Not evaluated
	<i>Miniopterus brachytragos</i> (Goodman et al. 2009)	Madagascar	N,E,W	Not evaluated
	<i>Miniopterus egeri</i> (Goodman et al. 2011)	Madagascar	N,E	Not evaluated
	<i>Miniopterus gleni</i> (Peterson et al. 1995)	Madagascar + Comoros	Widespread	LR/NT ver 2.3 (1994)
	<i>Miniopterus griffithsi</i> (Goodman et al. 2010)	Madagascar	S	Not evaluated
	<i>Miniopterus griveaudi</i> (Harrison 1959)	Madagascar + Comoros	N,W	DD ver. 3.1 (2008)
	<i>Miniopterus mahafaliensis</i> (Goodman et al. 2009)	Madagascar	C,S,W	Not evaluated
	<i>Miniopterus majori</i> (Thomas 1906)	Madagascar + Comoros	E	DD ver 2.3 (1994)
	<i>Miniopterus manavi</i> (Thomas 1906)	Madagascar + Comoros	Widespread	DD ver 2.3 (1994)



Table 1. continued

FAMILY	SPECIES AND AUTHORS	GLOBAL DISTRIBUTION OF SPECIES	DISTRIBUTION IN MADAGASCAR	IUCN STATUS
Vespertilionidae (continued)	<i>Miniopterus petersoni</i> (Goodman et al. 2008)	Madagascar	S,E	DD ver. 3.1 (2008)
	<i>Miniopterus sororculus</i> (Goodman et al. 2007)	Madagascar	C,S	LC ver 3.1 (2008)
	<i>Hypsugo bemaity</i> (Goodman et al. 2015) [/ <i>H. anchietae</i>]	Madagascar	W	Not evaluated
	<i>Neoromicia malagasyensis</i> (Peterson et al. 1995)	Madagascar	SC	Endangered B1ab(iii) ver 3.1 (2008)
	<i>Neoromicia matroka</i> (Thomas and Schwann 1905) [/ <i>N. capensis</i>]	Madagascar	C,E	LC ver 3.1 (2008)
	<i>Neoromicia robertsi</i> (Goodman et al. 2012) [/ <i>N. malagasyensis</i>]	Madagascar	E,C	Not evaluated
	<i>Pipistrellus hesperidus [kuhlii]</i> (Temminck 1840)	Madagascar + Africa	W,SW	LC ver 3.1 (2008)
	<i>Pipistrellus raceyi</i> (Bates et al. 2006)	Madagascar	E,W	DD ver. 3.1 (2008)
	<i>Scotophilus borbonicus</i> (Geoffroy 1803)	Madagascar? + Réunion	SW?	CR A1 c ver 2.3 (1994)
	<i>Scotophilus robustus</i> (Milne-Edwards 1881)	Madagascar	Widespread	LC ver 3.1 (2008)
	<i>Scotophilus marovaza</i> (Goodman et al. 2006a)	Madagascar	W	LC ver 3.1 (2008)
	<i>Scotophilus tandrefana</i> (Goodman et al. 2005b)	Madagascar	W	DD ver. 3.1 (2008)

proportion of endemism have grown in recent years. Bat species-level endemism is approximately 30% for Cuba (Dávalos 2004), approximately 11–27% for Papua New Guinea (Bonaccorso 1998; Mickleburgh et al. 2002), 18% for Sulawesi, 5% for Borneo, 8% for Java, and 2% for Sumatra (Koopman 1989). Madagascar is also unique, along with New Zealand and the Mystacinidae family, in possessing its own endemic family, namely the Myzopodidae. This family was also, until recently,

one of only two families of bats with only one species. The remarkable myzopodids possess adhesive disks at the position of their thumbs and feet that allow them to attach to leaves of plants such as the *Ravenala* palm (Schliemann and Goodman 2003; Goodman et al. 2006b). The myzopodids are considered of conservation importance because of their taxonomic distinctiveness (Mickleburgh et al. 2002).



1.2 Biogeography and Community Composition

1.2.1 Origins of the Taxa on Madagascar

Madagascar's unique position as a large island off Africa and part of an important group of Indian Ocean islands appears to explain the island's bat community composition. Nonetheless, several questions remain.

Based on genetic analysis, the majority of Malagasy bat taxa have origins in Africa (Christidis et al. 2014). Madagascar is only 400 km from the continent and several islands occur between the two landmasses. One would, therefore, expect a close affinity with African groups even though the island broke away from Africa and India before the appearance of bats (Wells 2003; Teeling et al. 2005). Several species on Madagascar are also found in Africa (Table 1). Other species are relatively closely related to African and African/Western Asia taxa. These species are *Eidolon dupreanum* and *Triaenops* spp. (Eger and Mitchell 2003) and *Neoromicia* spp. (Simmons 2005). *Rousettus madagascariensis*, *Nycteris madagascariensis*, and the *Scotophilus* spp. are also most likely of African origin (Eger and Mitchell 2003), although these genera occur in Asia as well (Simmons 2005). *Emballonura* is another genus that does not occur in Africa and is essentially limited to southeast Asia and Madagascar (Eger and Mitchell 1996), but recent genetic work suggests that the Indo-Pacific *Emballonura* derived from a single dispersal event probably from Africa (Ruedi et al. 2012). The presence and taxonomic affinity of *Pteropus* on Madagascar is more difficult to explain and likely of Asian origin (Christidis et al. 2014). *Pteropus* is a genus widespread in the Pacific and Indian Oceans and it reaches Tanzania's Pemba Island, but is absent from mainland Africa. Its occurrence in Madagascar and surrounding islands but not in Africa is puzzling. It was assumed to have reached Madagascar via oceanic ridges that linked the western Indian Ocean to India during the Pleistocene (Eger and Mitchell 1996) and the distance between the mainland and Pemba Island is only ca. 50 km.

Several genera of bats on Madagascar have a broader global distribution. *Mormopterus*, for instance, occurs on Madagascar, in the Australian region, and in the Neotropics (Eger and Mitchell 1996). Two genera (*Mops* and *Otomops*) have African and Asian distributions

(Eger and Mitchell 1996; Simmons 2005). Other genera have African, Asian, and Australian/Pacific distributions: *Hipposideros*, *Taphozous*, *Chaerephon*, *Hypsugo*, and *Miniopterus* (Eger and Mitchell 1996; Simmons 2005). The remaining genera *Tadarida*, *Myotis*, *Eptesicus*, and *Pipistrellus*, have worldwide distributions (Eger and Mitchell 1996).

As an endemic and, until recently (Goodman et al. 2006b), monospecific family, the Myzopodidae has uncertain taxonomic affinities. Teeling et al. (2005) place it amongst the Noctilionoidea superfamily, which includes several Neotropical groups and the Mystacinidae of New Zealand.

1.2.2 Missing Groups/Guilds

Although Madagascar possesses a bat assemblage with high levels of endemism and family richness, several taxonomic groups that are present in Africa are missing from the island. In addition, certain bat feeding guilds are not represented.

Three families of bats that occur in Africa do not occur on Madagascar. These are the Rhinopomatidae (also in Asia), Megadermatidae (also in Asia and Australia), and the Rhinolophidae (also in Europe and Asia). It is uncertain why the other families of bats occurring in Africa would have colonized Madagascar but not these three widespread families.

No bats on Madagascar are known to feed on vertebrates, but some of these feeding gaps could be due to a lack of research on bat diet on the island. Also, there appear to be relatively few foliage-roosting bats, with the *Myzopoda* spp. as notable exceptions, and no leaf tent-roosting bats. Much remains for researchers to learn about the foraging and roosting habits of bats on the island.

1.3 Species Distribution and Conservation Status

Several biologists collected bat specimens on Madagascar in the 1800s and early 1900s and those specimens remain an important resource for taxonomists today. These collectors described several Malagasy bat species including *Mops miarensis* (Grandidier 1870; now *Mops midas miarensis*), *Myzopoda aurita*



(Milne–Edwards 1878), *Triaenops auritus* (Grandidier 1912), *Rousettus madagascariensis* (Grandidier 1929) and *Nycteris madagascariensis* (Grandidier 1937). Jean Dorst aggregated known information on bats of the island into a review (Dorst 1947b), a key (Dorst 1947a), and a description of their biogeography (Dorst 1948a). Dorst also revised the genus *Triaenops* (Dorst 1948b) and described *Otomops madagascariensis* (Dorst 1953). R.L. Peterson collected bats on the island in 1967 and assembled a thorough analysis of the Malagasy fauna based on his collection and his study of previously collected specimens. It was not until after his death that J. L. Eger and L. Mitchell published this work (Peterson et al. 1995).

As part of a series of extensive vertebrate surveys that have covered most of the important conservation areas in Madagascar, biologists in recent years have added substantially to the knowledge base of Malagasy bats. Collections made during these surveys have revealed new species (e.g., Goodman and Cardiff 2004; Goodman et al. 2005b, 2006a,b,c, 2015) and helped to piece together distributions and broad habitat preferences (e.g., Goodman 1999; Goodman et al. 2005a). In spite of this work, taxonomic uncertainty has endured for some bat species (Christidis et al. 2014; Goodman et al. 2015). Work on Microchiropterans in addition to taxonomic and phylogenetic work included studies of the biology of *Myz. aurita* (Schliemann and Goodman 2003), and echolocation descriptions and analyses (Russ et al. 2003). Significant progress has also been made in the field of pteropodid ecology (Racey et al. 2009). Biologists now have access to more extensive information on roost distribution (MacKinnon et al. 2003), diet and seed dispersal (Bollen and Elsacker 2002; Long 2002; Ratriomanarivo 2003), frugivory (Hutcheon 2003), pollination (Baum 1995; Andriafidison et al. 2006a,b), foraging habitat and niches (Dammhahn and Goodman 2014), and the impact of hunting (Ranivo 2001; Razakarivony 2003).

Several Malagasy bat species appear to occur throughout the island or even on other land masses and these are most likely of minor conservation concern (Table 1). Others, of potentially greater conservation concern, occur only on portions of the island. Several species appear to have Malagasy distributions more or less restricted to the

eastern humid forest areas, including *Em. atrata*, *Myz. aurita*, and *Ne. matroka* (Table 1). Records of other bats appear limited to western or western and drier parts of the country: *Triaenops menamena*, *Emballonura tiavato*, *Myzopoda schliemanni*, *Chaerephon jobimena*, *O. madagascariensis*, *Scotophilus tandrefana*, and *S. marovaza* are the Malagasy endemics in this category (Table 1). The distribution of *Scotophilus cf. borbonicus* is insufficiently known (Goodman et al. 2005b). *Neoromicia malagasyensis* has one of the most restricted distributions of all Malagasy bats and researchers have only observed it in and around Parc National d'Isalo (Goodman and Ranivo 2004); two other endemic species, *Tr. auritus* and *Ny. madagascariensis*, appear to occur only in the northern part of the country (Table 1).

The most recent IUCN–based assessment of the conservation status of the bats of Madagascar in the IUCN Red List, indicated that one species is endangered, three species are vulnerable, and two species are near threatened (Table 1). The pteropodids are all listed as vulnerable or near threatened. Several bat species on the island are too poorly known to estimate their conservation status (Table 1). For instance, no one has recorded an occurrence of *Ny. madagascariensis* since 1910 (Peterson et al. 1995).

2. ECOLOGY

2.1 Roosting

2.1.1 Role in Life History

Bats spend most of their time roosting (Altringham 1996). Roosting and roost characteristics may serve several important functions for bats.

Roosts allow bats to rest and reduce energy and water use. In addition to providing sites that protect bats from harsh weather, roosts may also provide appropriate microclimatic conditions—temperature, relative humidity, and airflow—that may allow bats to minimize their thermoregulatory costs (Altringham 1996). Bats may even enter torpor or hibernate to drastically reduce these costs, and may seek microclimates that allow them to enter torpor during periods of low food or water availability. Clustering bats may also reduce



thermoregulatory costs because of the presence of other heat-generating bats. The need to reduce thermoregulatory costs in roosts can be critical to bat survival.

Roosts also provide opportunities for social interactions between bats. Roost sites may facilitate mating opportunities and allow for maternal care of young bats (Altringham 1996). Roosts may also allow for information transfer, potentially about foraging and roosting sites (Altringham 1996).

Bats may reduce predation risk and competition with other vertebrates by selecting appropriate roost sites (Altringham 1996). Roosting deep in caves, for instance, effectively protects bats from avian predators during their rest time. Swallows and swifts may be the only non-chiropteran vertebrates to compete with bats for roosting space in certain conditions.

Bats may require more than one roost site at a given time. Not only may they need both day and night roosts, but they may also rely on multiple day roosts to satisfy their requirements. Roost fidelity may vary greatly between species (Lewis 1995).

Roosting patterns may also vary by sex, region, and season (Racey and Entwistle 2003). Different portions of a bat population may roost in different areas, and may even require different roosting conditions. Maternity colonies, for instance, may require different roosting conditions than those of solitary males.

2.1.2 Roosting Preferences

Given the important functions that roosts serve for bats, it is not surprising that bats appear to preferentially choose certain types of roosts. Great variation exists in the selectivity of bats for particular roosting conditions; some may tend to select certain special roost sites, while others may select roost sites more opportunistically (Altringham 1996). Bats in Madagascar roost in caves, rock crevices, human dwellings, bridges, tree cavities, and in tree branches and foliage.

Caves provide relatively safe, dark environments for roosting. Research in other countries has shown that bats may select certain types of caves, and locations within

given caves, based on a variety of cave characteristics. Caves that are longer or have more internal surface area seem to have higher species richness. This may simply reflect, however, the high diversity of roosting habitat in bigger caves or the increased detection probability in caves that are larger and thus hold more individuals of each species (Arita 1993, 1996; Brunet and Medellín 2001). Cave microclimate patterns may also influence roost site selection and cave use by bats (Dwyer 1971; Hurst and Lacki 1991; Clark et al. 1996; Brunet and Medellín 2001). Other properties of caves, including their geomorphology, and the landscape surrounding the entrances, may further influence the use of a cave by a given bat species and, ultimately, species richness (Sherwin et al. 2000; Brunet and Medellín 2001; Ball 2002). Presence or abundance of predators or parasites may influence cave selection (Lausen and Barclay 2002) and tendencies of some bat species to associate with others may also influence cave occupancy (Rodríguez-Durán 1998; Rodríguez-Durán and Soto-Centeno 2003).

Most of the bats on Madagascar have been reported to roost in caves. These cave-roosting species include *Ei. dupreanum*, *R. madagascariensis*, the Malagasy *hipposiderids*, the Malagasy *emballonurids*, many of the molossids (*Ch. jobimena*, *Mormopterus jugularis*, *O. madagascariensis*), and many of the vespertilionids (*Myotis goudoti*, *Miniopterus gleni*, *Mi. majori*, *Miniopterus manavi*; Peterson et al. 1995; Bayliss and Hayes 1999; Russ et al. 2003; Goodman and Cardiff 2004). Of these species, *R. madagascariensis*, *Triaenops* spp., *Coleura afra*, *My. goudoti*, *Mi. gleni*, and *Mi. majori* are only known to roost in caves.

Studying characteristics of caves used by different species can reveal the potential basis for selection of cave roosting sites by those species. At Ankarana, for example, several species select caves that have larger entrances and longer total passage lengths (*Ei. dupreanum*, *R. madagascariensis*, *Hipposideros commersoni*, *O. madagascariensis*, and *Mi. gleni*; Cardiff 2006). In addition, a few of the species at Ankarana select caves based on mean temperature and one appears to select caves based on distance to nearby open water areas (Cardiff 2006).

Rocky areas may provide rock crevices as well as caves for bats to roost in and several bat species in Madagascar



roost in rock crevices. These include *Ei. dupreanum* (Peterson et al. 1995), *Em. atrata* (Peterson et al. 1995), *Taphozous mauritanus* (Peterson et al. 1995), and a few molossid species: *O. madagascariensis* (S. Cardiff, pers. observ.) and *Mor. jugularis* (Goodman and Cardiff 2004). This is likely an underestimate of the number of species that roost in rock crevices, as bats are often difficult to detect in such roosts.

Many bats also make use of structures built by humans for roosting. Such structures in Madagascar include houses, schools, churches, other public buildings, unused vehicles, bridges, and tunnels. Occupied buildings usually have a double layer of roofing or a roof and ceiling combination that provide a space for bats to roost in, but bats may also roost within palm thatching (Ratrimomanarivo and Goodman 2005). The bats that are known to occupy human constructions in Madagascar include the emballonurids *Em. atrata* and *Tap. mauritanus*, and the molossids *Chaerephon leucogaster*, *Ch. pumilus*, *Mops leucostigma*, *Mop. midas*, and *Mor. jugularis* (Goodman and Cardiff 2004; Peterson et al. 1995). *Scotophilus robustus* and *S. marovaza* also occupy buildings (Goodman et al. 2005b, 2006a).

Trees can also serve as bat day roosts. Bats in Madagascar may roost under the bark of large trees (e.g., Goodman and Cardiff 2004) or in actual hollow cavities deeper in the trunk (Andriafidison et al. 2006a). Bats known to roost in tree cavities include *Mi. manavi* and *Mop. leucostigma* (Andriafidison et al. 2006a). Although relatively few bats in Madagascar appear to roost in tree cavities, further research on roosting habits may alter that perception. A few species of bats also occupy day roosts in the foliage and amongst the branches of trees. *Pteropus rufus* only roosts in camps in large trees and *Ei. dupreanum* sometimes also roosts in trees (MacKinnon et al. 2003, Figure 1). Other bat species known to roost on tree branches or in foliage include *Hi. commersoni* in small numbers (J. Lazar, pers. comm.), *Myz. aurita* (Schliemann and Goodman 2003), *Mop. leucostigma*, and *Mop. midas* (Andriafidison et al. 2006a). Since *S. marovaza* roosts in palm leaf thatching on houses, it may also roost in such palm leaves on actual trees (Ratrimomanarivo and Goodman 2005). The importance of tree roosts for bats in Madagascar is generally not well understood and should be examined further to evaluate the impact of forest clearing and conversion on bats.



Figure 1. A colony of *Pteropus rufus* at Analalava, a community ecological reserve in eastern Madagascar.
Photo: Leighton Reid



2.1.3 Ecological Function of Bats in Cave Roosts

Bats often roost in large numbers in caves and may dramatically alter abiotic and biotic conditions in caves through the introduction of body heat and the production of tremendous quantities of bat feces, or guano.

Body heat and moisture from bats in caves, combined with the decomposition of bat guano, can lead to temperatures and humidity levels that would not otherwise occur in those caves (Harris 1970). Bat guano, as well as dead bats, represents an important source of organic material that serves as a nutrient base for rich and diverse communities of cave arthropods. The presence of guano can influence the structure of the invertebrate community more than the environmental conditions present in the cave (Ferreira and Martins 1999; Ferreira et al. 2007). In some rare cases, other cave vertebrates may feed directly on bat guano (Fenolio et al. 2006).

Researchers have studied the invertebrate and non-mammalian vertebrate fauna of caves on Madagascar, including invertebrates associated with bat guano and remains (e.g., Keiner 1964; Decary and Keiner 1970). In Ankarana, a wide variety of invertebrates are associated with bat guano and dead bats, including several endemic troglobitic springtails (Wilson 1982, 1985; Palacios-Vargos and Wilson 1990). The importance of guano to cave invertebrate communities and their endemic invertebrates in Madagascar remains inadequately investigated.

Because of their role in structuring the cave invertebrate community, bats are considered keystone species in caves. Because they also modify their environment in a way that extends temporally beyond their presence in caves, bats can also be considered ecosystem engineers (Wright and Jones 2006; Hastings et al. 2007).

Guano in caves has benefited humans directly as well. The layering found in large piles of guano has allowed scientists to elucidate the composition of paleo-environments and past environmental change (e.g., Bird et al. 2007). Guano has also proved to be a valuable fertilizer, estimated at one colony of molossids in Thailand to be worth USD 135,000 per year (Leelapaibul

et al. 2005). Humans have used bat guano for fertilizer in Madagascar as well (Besairie and Collignon 1971; Goodman et al. 2008b), but guano extraction also has the potential to disturb bats.

2.2 Foraging and Habitat Use

Bats forage for fruit and animal prey, and drink water in a variety of habitats. Globally, such habitats include forests, deserts, agricultural lands, urban areas, wetlands, ponds, and lakes.

Capture locations of most mammals in Madagascar provide an important clue to habitat use and are usually considered representative of the requirements of the species. The capture of a bat either at its roost or while commuting, however, provides only limited information about the specific vegetation features the bat requires for foraging. It is for this reason that, despite thousands of captures at roosts, there are still very few data on foraging habitats of Malagasy bats. Nonetheless, it is possible to generalize based on some field observations, and information available for the same or related species outside Madagascar.

For example, molossid bats are usually associated with open habitats where they hawk over water and agricultural land. Their characteristic long, thin wings and loud, low-frequency echolocation make them ill-suited to foraging near vegetation, although they may frequently fly and feed above the canopy of forests. *Taphozous mauritanus* is likely to exhibit foraging behavior similar to molossids because of their morphological similarities.

In the dry deciduous forests of western Madagascar, Kofoky et al. (2006) and Rakotoarivelo et al. (2007) studied the habitat use of Microchiropterans using bat detectors and mist nets. They determined that high capture levels in the forest were probably associated with mass emergence from day roosts in rock features and caves found mostly inside the forest. Later in the evening, bat foraging activity was highest along the edge of the forest, where the trees adjoined agricultural land and where flying invertebrate abundance was higher. Similarly, *Myz. aurita* appears to select relatively degraded habitats for foraging (Ralisata et al. 2010). The observation that many microchiropteran species



on Madagascar are not dependent on intact forest (Goodman et al. 2005a; Randrianandrianina et al. 2006; Rakotoarivelo et al. 2007) may be partly explained by their use of edge habitats for foraging, which are not thought to be important for most other endemic vertebrates. Linear habitat elements appear to be important to many bats (Mickleburgh et al. 2002).

Areas of open freshwater may also be important habitats for bats. Open water often is a source of insects that may serve as food for bats. Bats also need to drink and require stretches of open water large enough to allow them to descend to the water and drink while in flight. While open water areas are most likely important habitats for bats, no one has quantitatively evaluated their importance in Madagascar.

2.3 Diet

Bats eat a wide variety of plants and animals around the world (Patterson et al. 2003). Field observations, experimental trials, and fecal analyses have been widely used in many countries to describe their diets.

There is an impressive body of literature on the diet of two of the Malagasy fruit bats, *P. rufus* and *Ei. dupreanum* (e.g., Bollen and Van Elsacker 2002; Hutcheon 2003; Bollen et al. 2004; Jenkins et al. 2007; Long and Racey 2007; Picot et al. 2007), but relatively little is known about the diet of *R. madagascariensis* (Andrianaivoarivelo et al. 2012).

Madagascar's fruit bats have a varied diet that consists of nectar, pollen, leaves, and fruit. In a survey of the available literature, it was estimated that *P. rufus* feeds on 114 plant species, *Ei. dupreanum* on 39 species, and *R. madagascariensis* on six species, including the planted fruit tree *Dimocarpus longan* (Andrianaivoarivelo et al. 2007). These data likely all underestimate the actual dietary diversity, which will certainly increase as more research is carried out. Fecal analysis that omits pollen grains, for example, will underestimate the true diversity of the bats' diet and the contribution made by flowers. In fact, the diets of *P. rufus* and *Ei. dupreanum* contained large percentages of plant taxa (64% and 48%, respectively) identified based on the presence of pollen grains (P.A. Racey, unpubl. data). Available information suggests that the diet of *P. rufus* can vary

between regions, but that consumption of *Ficus* spp., *Psidium* spp., and *Mangifera indica* occurs across regions (Hutcheon 2003; Jenkins et al. 2007; Long and Racey 2007). In the areas around Réserve Spéciale (RS) d'Ankarana, *P. rufus* appear to commonly feed on *Ceiba pentandra*, and *Grewia* sp. seeds are common in the feces of *Ei. dupreanum* (S. Cardiff, pers. observ.).

The ability of Madagascar's fruit bats to feed on both native plants and introduced species is thought to be a main reason behind their continued existence in degraded landscapes (Brooke 2001). For example, sisal (*Agave sisalan*) pollen is a key resource for *P. rufus* at Berenty Private Reserve, and flower parts of Eucalyptus have been found in the feces of both this species and *Ei. dupreanum* (Jenkins et al. 2007; Long and Racey 2007; Picot et al. 2007). Observations of nectarivory on native plants are scarce, but *P. rufus* feeds on nectar and pollen of planted sisal (Long and Racey 2007) and fruit bats have been known to visit baobabs (*Adansonia* spp.) and *Ceiba pentandra* (Baum 1995; Andriafidison et al. 2006b).

Because most studies in Madagascar have analyzed fecal contents to determine diet, there is a lack of data available on the specific foraging ecology of fruit bats. Many fruits have seeds that are too large to be swallowed, and plant species that bear large fruits will also be underestimated in the diet of fruit bats if surveyed by fecal collection only.

The diet of Microchiropterans on Madagascar is much less well understood than that of Microchiropterans in some other countries and that of pteropodids on Madagascar, with relatively few published accounts (Razakarivony et al. 2005; Andrianaivoarivelo et al. 2006; Andriafidison et al. 2007; Rajemison and Goodman 2007; Rakotoarivelo et al. 2007, Ralisata et al. 2010). Most of these studies analyzed the composition of bat feces. *Myz. schleimanni* in western Madagascar fed primarily on Lepidoptera and Blattaria (Rajemison and Goodman 2007). A study of *Mop. leucostigma*, *Mor. jugularis*, and *Ch. pumilus* in eastern Madagascar by Andrianaivoarivelo et al. (2006) revealed that major differences in diet occurred between seasons rather than between species, at least at the ordinal level of prey. The three species fed primarily on Coleoptera, but Lepidoptera and Hemiptera contributed significantly



to feces volume and Diptera were also important for *Mop. leucostigma* (Andrianaivoarivelo et al. 2006). *O. madagascariensis* at Parc National Tsingy de Bemaraha fed primarily on Lepidoptera and Coleoptera (Andriafidison et al. 2007). An analysis of the stomach contents of *Em. tiavato*, *Hi. commersoni*, *Tr. rufus*, *Mi. manavi*, and *Myo. goudoti* from western and northern Madagascar indicated that the Isoptera and Coleoptera orders were commonly consumed by these bats, and that *Hi. commersoni* tended to consume primarily Coleoptera (Razakarivony et al. 2005). *Hi. commersoni* also consumed primarily Coleoptera according to fecal analysis (Rakotoarivelo et al. 2007). *Triaenops* spp. may consume primarily Coleoptera (Rakotoarivelo et al. 2007), while debris in the stomachs of *Hi. commersoni* and *Myo. goudoti* suggested that they glean prey from foliage or from the forest floor (Razakarivony et al. 2005). Still, much remains for bat biologists to learn about differences in the diets of Microchiropterans on Madagascar with respect to species, seasons, and regions.

2.4 Ecosystem Services

2.4.1 Pest Control

In other parts of the world, molossid bats play an important role in reducing populations of insect pests. Studies in North America (Lee and McCracken 2005) and Thailand (Leelapaibul et al. 2005), for example, suggest that large *Tadarida* spp. colonies can consume vast quantities of insects including large quantities of crop pests. This biological pest control serves an important ecosystem service. Molossids and other bats may provide pest control services to farmers of Madagascar, but this has yet to be properly studied.

2.4.2 Pollination

Pteropodids in Africa and Asia and other bats in the neotropics can play important roles in the pollination of various plants. By moving pollen on their fur between flowers and plants of the same species, the bats guarantee or increase fruit production for those plants. By spreading pollen from one plant to another, these bats provide an essential ecological function.

There are few detailed studies on pollination by fruit bats

available from Madagascar. However, observations of fruit bats feeding on flowers, backed up by descriptions of floral morphology, have been used in Madagascar to strongly imply that fruit bats are pollinators. Perhaps the most significant example comes from the baobab trees of western and northern Madagascar. While four of the six endemic *Adansonia* species are pollinated by insects, two, *A. suarezensis* and *A. grandidieri*, are probably pollinated by fruit bats (*Ei. dupreanum*) and lemurs (Baum 1995). The flowers of these plants are large, white, and heavily scented. They also open at dusk and therefore possess all of the characteristics of flowers adapted for nocturnal mammalian pollinators. In addition, *P. rufus* and *Ei. dupreanum* appear to feed on the nectar and probably pollinate *Ceiba pentandra*, a tree of economic importance on the island (Andriafidison et al. 2006b). In some cases, fruit bats may be more important than lemurs as pollinators of baobabs, trees of conservation importance that can be considered flagship species for conservation (Andriafidison et al. 2006b).

2.4.3 Seed Dispersal

Vertebrate frugivores that ingest whole seeds and defecate them at locations some distance from the parent plant contribute to seed dispersal. Old World fruit bats are prolific consumers of fruit and are important agents of seed dispersal (Marshall 1983; Shilton et al. 1999; Hodgkinson et al. 2003). In some oceanic islands, the role of flying foxes in seed dispersal is thought to be especially important because of the absence of other large frugivores (Cox et al. 1991). Neotropical frugivorous bats also disperse fruit seeds. Bats are sometimes considered keystone species because of their role in pollination and seed dispersal (Mickleburgh et al. 2002).

Madagascar's native frugivore community is depauperate (Goodman and Ganzhorn 1997) and apart from fruit bats, only primates (e.g., Birkinshaw 2001; Dew and Wright 1998), a small number of bird species (Bollen et al. 2004), and possibly bush pigs (Andrianjaka 2003) act to disperse seeds. There have been a number of investigations on the diet of Madagascar's two largest fruit bats (Table 2).

Both *P. rufus* and *Ei. dupreanum* have varied diets

Table 2. A summary of the dietary richness of *P. rufus* and *E. dupreanum* from different parts of Madagascar.

SPECIES	SPECIES RICHNESS OF FOOD PLANTS	HABITAT/REGION	SOURCE
<i>P. rufus</i>	15	Gallery forest, south	Raheriaisena 2005
	15	Gallery forest, south	Long and Racey 2007
	40	Littoral forest, south–east	Bollen and Elsacker 2002
	8	Degraded humid forest and plantations, east	Jenkins et al. 2007
<i>E. dupreanum</i>	16	Agricultural landscape, central highlands	Ratrimomanarivo 2003
	31	Agricultural landscape, central highlands	Picot 2005

consisting of endemic forest tree species and cultivated/introduced fruit crops. Common seeds in the feces of these fruit bats include guava, *Psidium cattleianum*, and *P. guajava*. The fruits of a number of forest tree species (e.g., *Ficus* spp., *Polyscias* spp.) are also eaten by flying foxes, but the relative importance of fruit bats compared to other frugivores for dispersing forest tree seeds is known only from a single site (Bollen et al. 2004). In general, lemurs have a relatively small home range and are reluctant to cross open areas, such as the patches of degraded land between Madagascar's increasingly fragmented forests and therefore have a limited capacity to disperse seeds between forests. On the other hand, lemurs are the only frugivores that can disperse large seeds and they are also active in all layers of the forest. By contrast, flying foxes can travel great distances every night to their feeding sites (Long 2002) and can easily cross unfavorable habitats, thereby providing a unique ecological service to the island's remaining forests. Unlike lemurs, flying foxes can only ingest small seeds, and they are also restricted to feeding in canopy trees or on the forest edge.

An assessment of the relative efficiency of a seed disperser must take into account more than just whether the bat ingests the seed or not; other important factors include the deposition site and germination rate. There is increasing evidence from Madagascar that passage through a bat's alimentary tract increases the germination success in seeds from many plant species (Ratrimomanarivo 2003; Andriafidison 2004; Picot 2005; Picot et al. 2007). Considerably more research is needed in this area, but it is already clear that bats consume vast quantities of seeds and that many of

these seeds, when defecated, are viable. No Malagasy frugivores, other than the pteropodids, have the capacity to transport seeds regularly between fragmented forest blocks. Species transported include those that serve as important food sources for other frugivores (*Ficus* spp.), and plant species of value to humans (e.g., *Psidium* spp.).

2.5 Predation

Globally, raptors and snakes are perhaps the most common predators of bats (Altringham 1996). A variety of other animals, however, including monkeys, cats, other bats, frogs, fish, and large arthropods also feed on bats in various parts of the world (Altringham 1996). In Madagascar, researchers have documented only limited information on bat predation by animals other than humans. This information indicates that birds and snakes feed on bats on the island. Carnivores and arthropods could also potentially feed on bats in caves or tree roosts. Even Scolopendra centipedes occasionally feed on live bats in caves in other countries (Molinari et al. 2005) and this could possibly occur on Madagascar as well. Carnivores, such as *Fossa fossana*, might also be able to attack bats in roosts that are easily accessible from the ground.

A number of reports have documented the presence of bats in owl pellets. Goodman et al. (1993) reported the presence of *Tap. mauritanus*, *Mor. jugularis*, and *Mop. midas* in the pellets of barn owls (*Tyto alba*) from Andasibe and the Beza Mahafaly areas in Madagascar. A skull of *Co. afra* in fragments of a raptor pellet probably belonging to *Tyto alba* was recently found at



Ankarana (Goodman et al. 2008a). Barn owls are often seen around the entrances to caves in the evening in the Ankarana area. The owls also appear to have fed on large numbers of *R. madagascariensis* at a site in western Madagascar (Goodman and Griffiths 2006). Bat hawks (*Macheiramphus alcinus*) are also known from several areas on the island (Morris and Hawkins 1996) and have been observed waiting near a cavity roost of *Mi. manavi* and *Mop. leucostigma* during emergence time (Andriafidison et al. 2006b). Falcons have been observed pursuing large molossid emergences at Ankarana (S. Cardiff, pers. observ.). Diurnal raptors might also be able to attack pteropodids in their tree roosts.

Some anecdotal evidence indicates that snakes feed on bats at cave roosts in Madagascar. A boid was observed at the entrance to a cave with many microchiropterans emerging at Ankarana, and persistently moved close to bats handled by researchers (S. Cardiff, pers. observ.). In Anjohikinakina Cave, Tsingy de Bemaraha National Park, a survey team observed a snake predating a *Tr. rufus* from the colony (P. A. Racey, pers. comm.). Boas could also potentially feed on pteropodids in tree roosts.

3. THREATS

3.1 Hunting

Hunting of large bats is a serious threat in some parts of the world. On several Pacific islands, for instance, hunting appears to be an important cause of decline in *Pteropus* spp. (e.g., Brooke and Tschapka 2002) and is an important cause of conservation concern for many pteropodids (Mickleburgh et al. 1992, 2002). The threat posed by human consumption of pteropodids also justified listing *Pteropus* spp. under the Convention on the International Trade in Endangered Species (CITES; Mickleburgh et al. 2002).

At least as of 2008, all bat species in Madagascar can be legally hunted (in season, outside of protected areas) because they are classified as ‘game’ (‘animaux gibbiers’) and are not listed as protected species under national wildlife legislation. While in theory hunters need to apply for a permit from the Ministry of the Environment, Water, Forests and Tourism before catching bats, this procedure is rarely enforced. Hunting was the primary reason that *P. rufus* and *Ei. dupreanum* were given

draft listings of “vulnerable” by the Global Mammal Assessment (IUCN, unpubl.). Under CITES, *Pteropus* spp. are controlled and cannot be exported, or can only be exported with special permits. *P. rufus*, for example, is listed under Appendix II and can only be exported with special permits, and no stated export allowance occurred in recent years.

The main reason that bats are hunted in Madagascar is to provide food for local people. There is major regional variation in the extent to which bats form an important part of the diet of local communities, being highest in the west and lowest in the southwest (MacKinnon et al. 2003). This variation has traditionally followed ethnic preferences and beliefs, but as increased mixing and movement of individuals occurs in Madagascar, the boundaries between areas where bats are eaten and where they are not eaten are becoming less clear. In some areas of the west, there is considerable commercial demand for fruit bat meat, which, together with heavy and sustained hunting at certain roosts, gives cause for major conservation concern (MacKinnon et al. 2003).

Fruit bats are the bats most commonly eaten by people in Madagascar. Although *R. madagascariensis* is eaten by people in the north and east (Golden 2005; Rakotonandrasana and Goodman 2007; Cardiff et al. 2009), there are few reports of this bat from restaurants or markets. In central Madagascar, *Ei. dupreanum* is the only relatively common fruit bat and its roosts are regularly visited by hunters who trap bats using smoke and nets or sticks there and in other parts of the island (MacKinnon et al. 2003; Cardiff et al. 2009). With the apparent exception of the southwest, *P. rufus* is eaten throughout Madagascar. Hunting methods for *P. rufus* include the use of nets hung between or by trees to catch foraging bats, and even felling of roost trees and beating of bats on the ground (MacKinnon et al. 2003; Jenkins et al. 2007).

Microchiropterans are also eaten in some regions and are an important source of food for people in times of hardship. *Hi. commersoni*, a large microchiropteran, is eaten between January and March in southwestern Madagascar (Golden 2005). This species is killed during emergence from cave roosts and is particularly sought after by local people because of its seasonal fatty deposits. It is also hunted within at least one



cave at Ankarana by hunters using sticks (Cardiff and Befourouack 2008; Cardiff et al. 2009). Other species occasionally harvested by people include *Tr. rufus*, *Ch. leucogaster*, *Mop. leucostigma*, *Mop. midas*, *Mor. jugularis*, *Miniopterus* spp., and *S. robustus* (Goodman et al. 2008b).

The impact of hunting on Megachiropterans has yet to be assessed. There is some evidence that excessive hunting has led to roost desertions (MacKinnon et al. 2003), but unless roost sites are monitored over the long-term it is difficult to determine whether the bats return. Evidence suggests that a small *Ei. dupreanum* colony south of Ankarana was historically larger in size and piles of ash and the presence of over fifty batting sticks around the colony site suggest that harvesting played a role in the colony's decline (Cardiff et al. 2009). The high local demand for large bats as a food source in western Madagascar may exceed the replacement capacity of populations, in part because flying foxes give birth to a single pup each year. The least damaging form of hunting is at the foraging site, where bats are trapped while feeding on fruits or flowers using nets or hooks. Any form of disturbance to roosting bats, especially shooting or people regularly approaching the bats, may have serious impacts on those populations. Hunting could, however, be managed sustainably if the location, timing, methods, and frequency of hunting were closely controlled.

Other reasons for hunting fruit bats are direct persecution (see below), sport, and medicine. Fruit bat fat is highly valued as a remedy for colds and flu, and can be bought at some pharmacies. Sport hunting is not common, but is particularly destructive because it involves the use of shotguns, which appear to be a significant cause of roost site abandonment (MacKinnon et al. 2003).

3.2 Persecution

Bats have been maligned in many cultures around the world and are often persecuted by people (Mickleburgh et al. 2002). In some cases, fruit bats are persecuted because of their perceived consumption of large quantities of valuable fruit. Synanthropic bats are also persecuted because some people do not want them living in their houses. In some cases, people destroy bats or roost sites because people perceive them, usually

mistakenly, as carriers of dangerous diseases that people can readily contract. Although vampire bats in South America do cause the death of cattle from rabies, cave roosts with many species of bats are sometimes poisoned or destroyed (Mickleburgh et al. 2002).

The hunting of game species in Madagascar requires permits; however, any unprotected animal (e.g., fruit bats) that is perceived to be damaging the livelihoods of people can be legally killed at any time. As fruit bats are, at times, prodigious consumers of cultivated fruits, there is considerable potential for conflict with people. Fruit bats like to eat mangoes and are often considered to be pests during the fruiting season. Preliminary research, however, suggests that the bats may feed on ripe fruit whereas commercial harvesters harvest unripe fruit for transport to market. As there is considerable loss due to windfall, there is no evidence that the bats are having a detrimental impact on the commercial value of the crop. In fact, by removing ripe fruit the bats may be denying potential pathogens or fungi with a vital resource and may, therefore, be providing an ecological service to the owners of mango trees. Litchi fruits are a very important economic crop in Madagascar, which exports over 20,000 tonnes every year, supplying 70% of the European demand. Few data are available on the impact of predation on litchis, but they appear to form an important part of the diet of all three Malagasy fruit bats in some areas (Hutcheon 2003).

Molossid bats roost in large colonies in buildings (e.g., offices, hospitals, schools) and are often unpopular because of the acrid, pungent smell associated with the colonies. There are many reported cases of molossids being deliberately trapped and killed because of these offensive odors.

3.3 Tourism and Roost Disturbance

Tourism is an important component of strategies to promote conservation and sustainable development in Madagascar and other less industrially developed countries and nature tourism can benefit conservation. If not managed carefully, however, some forms of tourism may have negative impacts on particular ecosystems and populations of plants and animals, including bats.

Tourists in some countries, including Madagascar, may



disturb bats at tree roosts. *P. rufus* are easily disturbed at their roosts, but their roosts do not often occur in tourist zones of the few protected areas in which the bats roost (MacKinnon et al. 2003). New tourist zones should be selected and developed carefully in relation to bat colonies and should avoid any form of disturbance. One option, as seen at Berenty Private Reserve, is to escort tourists quietly to within a few hundred meters of roosting *P. rufus*. With binoculars, it is possible to enjoy exceptional views of the bats without disturbing the colony (Rahaingodrahety et al. 2008). A balance needs to be struck between conserving roosting bats, and giving visitors the opportunity to see the animals and learn about their ecology from well-informed guides.

Globally, caves can face special conservation threats because their biotic communities can be sensitive to human visits and because they are at times used by humans for depositing waste. Caves can also connect directly with the aquifer, and often hold unique communities and endemic troglobitic species in addition to bats. Human visits to caves and cave tourism may disturb bats and may even cause bats to abandon roosts. Research in temperate climates indicates that cave visits by humans to maternity or hibernating colonies can negatively affect bat populations (Thomas 1995; Johnson et al. 1998; Mann et al. 2002). These effects may lead to changes in relative abundance of bats roosting in particular caves (Tuttle 1979), with some bats more likely to occur or breed in less-disturbed roosts (e.g., Ho and Lee 2003).

In Madagascar, several caves in protected areas are open to tourists. In the Parc National (PN) Ankarana, two bat caves receive visits by tourists throughout the year and an additional six receive tourist visits almost exclusively during the dry season. Bats may be more vulnerable to disturbance during the dry season when they are in torpor. In PN Tsingy de Bemaraha, tourists frequently enter a number of caves on the park's trail circuit, but these appear to have a low diversity of bats and visits occur only during the dry season (Kofoky et al. 2006). In PN Ankarana, the cave that receives the most visits holds large populations of *R. madagascariensis* and *Ei. dupreanum*, and potential conflicts exist between bat conservation and ecotourism development.

Disturbance from tour groups to bats in RS Ankarana

consists of human voices, artificial illumination, and flash photography. Some people have indicated that tour guides once used sticks to intentionally disturb the bats for tourists, but this behavior may now occur only rarely in RS Ankarana (S. Cardiff, pers. observ.); it does happen, however, at a *R. madagascariensis* roost on Ile Sainte Marie (R. Jenkins, pers. observ.). Given that some pteropodids in other parts of the world appear to habituate to the presence of humans (e.g., Parris and Hazell 2005), *Ei. dupreanum* and *R. madagascariensis* may also eventually ignore some forms of tourist behavior. Extreme disturbance, such as bright illumination, flash photography, and approach to minimal distances would, however, most likely disturb even habituated bats. In addition, habituated bats might be more vulnerable to hunting in the low tourist season. Results of behavioral observations at Ankarana suggest that maintaining tourists at a distance of at least 12m from bats and minimizing direct illumination of bats can reduce apparent behavior change caused by low-intensity tourist visits (Cardiff et al. 2012).

Another potential argument for restricting cave tour visits to bat roosts lies with the tentative results of disease studies of bats. Although the risks are not well understood and bats are often mistakenly maligned and persecuted as carriers of disease, increased exposure of humans to bat roosts could possibly lead to increased risk of disease transmission from bats to humans, including the risk of histoplasmosis from bat guano (Gugnani and Muotoe-Okafor 1997). Much remains unknown about the role of bats as vectors of newly emergent viral and other diseases and their relevance to Madagascar (Breed et al. 2006; Iehlé et al. 2007; Lagadec et al. 2012; Wilkinson et al. 2014).

3.4 Pesticides

Organochlorine pesticides, such as DDT, may be particularly detrimental to bats (Clark 2001; Mispagel et al. 2004; Racey and Entwistle 2003; Allinson et al. 2006). Scientists have implicated chemically-treated timber present in attics and agricultural pesticides as causes of declines in bat populations in several parts of the world (Racey and Entwistle 2003). Use of DDT is on the rise again in some countries and this use could represent a renewed threat to non-target species such as bats (Mickleburgh et al. 2002).



Many toxic agricultural chemicals have been and continue to be used in Madagascar, but their effects on bat populations are unknown. Around Ankarana, for instance, cotton and sugar cane are grown and sprayed with pesticides in fields immediately adjacent to limestone caves with bat colonies (SGC, unpubl. data). For cotton production, chemicals allowed for use in 2003 (according to the HASYMA, the cotton company) included thodicarb (probable carcinogen, cholinesterase inhibitor), endosulfan (acutely toxic, endocrine disruptor), cypermethrine (possible carcinogen), profenofos (cholinesterase inhibitor), carbosulfan (cholinesterase inhibitor), enfuracarb (cholinesterase inhibitor), monocrotophos (acutely toxic, cholinesterase inhibitor), and chlorpyrifos (cholinesterase inhibitor). Although DDT is officially not allowed for agricultural use, it may be informally applied as well (S. Cardiff, pers. observ.).

3.5 Mining

Mining can have devastating impacts on habitats that are important to bats. Mining may lead to deforestation and contamination of water bodies. Industrial mining tends to occur near areas of importance to biological diversity (Miranda et al. 2003). Mining of limestone areas, the caves and crevices of which often represent important bat roosting habitat, occurs in many parts of the world and has even been planned within protected areas (Mickleburgh et al. 2002).

Mines may also have benefited bats in some parts of the world where abandoned mine tunnels have apparently served as suitable roosting habitat. Mine tunnel closure or collapse, or resumption of mining activities, however, may lead to sudden loss of habitat for those bats (Mickleburgh et al. 2002). Also, use of radioactive mines by bats has generated concern over the bats' exposure to radiation and ensuing DNA damage (Meehan et al. 2004).

Mining occurs and is planned in many areas of Madagascar. Industrial mining permitting has affected conservation planning in Madagascar, with mining concessions overlapping with 33% of new conservation areas planned for 2005 and 21% of those for 2006 (Cardiff and Andriamanalina 2007). Mining interests are exploring and beginning the extraction of a wide variety

of precious stones and metals on the island. Mining activities may impact bat roosting and foraging habitat in several ways.

In some cases, artisanal miners may use caves to search for precious stones or metals, and their activities may disturb cave-roosting bats (Cardiff et al. 2009). The lights (e.g., electric torches or palm-leaf torches) and noise of the miners may disturb the bats, affecting bat energy expenditures, reproduction, and, subsequently, abundance. In addition, miners in some areas of Madagascar, such as Ankarana, set fires in caves, as they do in their tunnels, to soften rocks for digging (Cabinet ADAPT 1999). Such burning would disturb bats with increased light and also threaten them with rising smoke that could potentially asphyxiate them. The prevalence and overall impact of cave burning, however, remain unreported.

Industrial surface mining activities may cause deforestation that impacts bat roosts or their feeding sites. In some cases, such as that of the QIT Madagascar Minerals (QIT/QMM) mine near Fort-Dauphin (Vincelette et al. 2003), large industrial operations may intentionally clear forest in order to access mineral deposits. Such large scale clearing may include sites of forest-roosting bats and the QIT mine could, in fact, clear a forest in which a colony of 75–100 *Pteropus rufus* roosts (Jenkins, unpubl. data). *P. rufus*, however, often moves roost sites (although the reasons are poorly understood) and the loss of a single roost may be less of a threat than the destruction of suitable feeding sites.

Limestone is used to make cement in Madagascar and increasing demands for this commodity may encourage mining of new limestone areas that include bat roosts; several limestone mining exploration permits covering hundreds of hectares had been granted as of 2006 (Cardiff, unpubl. data). Other mining activities, such as the proposed Ambatovy nickel mine near Moramanga, may also require limestone as part of their treatment process (Lavalin 2005).

3.6 Fire

Fire is one of the main methods used to expel *Ei. dupreanum* from their rocky roost sites (MacKinnon et al. 2003) and bush fires are a threat to *P. rufus*



(Jenkins et al. 2007). Fire is a traditional management tool for farmers across much of Madagascar and a large proportion of the island's grasslands are set ablaze each year (Kull 2003). Fire is used to clear old growth from fields to prepare agricultural land before planting and to stimulate fresh grass growth in pasture. 'Tavy' (swidden, or slash and burn) farmers also use fire to clear new areas of forest. *P. rufus* roosts are particularly vulnerable to fire because they are located in large trees, often in small forest fragments surrounded by savanna or scrub habitats (Jenkins et al. 2007).

3.7 Forest Clearance

Loss of forest cover is a major threat to many bat species around the world (Mickleburgh et al. 2002). Bats may depend on forest as foraging habitat or may actually roost in trees. Other elements of mixed agricultural landscapes, such as riparian buffer forests and hedgerows, can also represent valuable foraging habitat for bats (Mickleburgh et al. 2002).

Given that deforestation in Madagascar is a threat to the survival of the island's endemic vertebrates, it may appear strange to question whether bats are negatively impacted by the loss of forest vegetation. However, the survival of some species in relatively degraded areas and the use of artificial roosts by others has led to the conclusion that many Malagasy bats are not wholly dependent on large expanses of intact forest (Goodman et al. 2005a). Nonetheless, forests may represent important habitat to species even though those species can occur in areas without forests; also, more bats may use trees for roosting in Madagascar than we are currently aware of since little research has occurred in that area. Some species (such as *Em. tiavato*, *Tr. auritus*, and *Myo. Goudoti*) may have a strong association with forest habitat (Goodman et al. 2005a; Randrianandrianina et al. 2006). Species that are able to forage in degraded and mixed agricultural habitat may, nonetheless, have specific roosting requirements and roost site protection ought to be a priority for those species. More research is needed to determine the impact of deforestation on bats, both in terms of changes or loss of foraging habitats, and the destruction of roost sites. In particular, close attention should be paid to understanding the relationship between roosting and foraging sites, and its importance

to bats in Madagascar.

To conserve bats, the gamut of habitat types and features required during their life cycle must be protected. As many bat species have particular needs for roosting or feeding, the habitats required at night (feeding) may be different and distant from the essential day habitats (roosts). This is in stark contrast to most of Madagascar's other endemic mammals, which tend to live their entire lives inside intact forests.

3.8 Climate Change

Climate change may affect bats globally in a variety of way. Changes in vegetation caused by climate change may lead to increases in range for some species, but decreases for others (Scheele et al. 1996). In Australia, increased temperature may have contributed to the movement of a *Pteropus* camp to an urban roost site (Parris and Hazell 2005). In New Zealand, increased temperatures in winter may cause an increase in bat energy expenditure during a time of low food availability or increased abundance of mammalian bat predators (Pryde et al. 2005). Alternatively, increased temperatures may allow for northward range expansions of hibernating northern temperate bats or for montane expansion for low temperature-limited tropical bats (Humphries et al. 2002; LaVal 2004). Climate change also has the potential to alter distribution of infections that harm bat populations. Introduction of the white nose syndrome fungus to bat populations in North America has had a devastating impact on bat populations (Blehert et al. 2009) and it is possible climate change could influence the spread of such infections.

The current and future impacts of climate change on Madagascar remain poorly resolved. El Niño Southern Oscillation events do appear to correlate with vegetation growth in Madagascar (Ingram and Dawson 2005) and anthropogenic climate change may alter the frequency of El Niño events. This could lead to changes in fire frequency and vegetation cover on the island (Ingram and Dawson 2005). These changes in climate and vegetation may alter roosting and foraging habitat availability for some bats. Climate change could alter temperature and humidity patterns in currently suitable roosts. In addition, cyclone frequency and strength are also predicted to increase in the southwestern Indian



Ocean (McDonald et al. 2005). Cyclones and hurricanes can have severe effects on bat communities in other parts of the world (Jones et al. 2001; Mickleburgh et al. 2002), and any increase in frequency or strength of cyclones hitting Madagascar could particularly affect populations of bats. Some *Pteropus rufus* roost site desertions are already attributable to cyclones knocking down roost trees on the island (MacKinnon et al. 2003).

3.9 Being Ignored

Bats are a fundamental component of the endemic Malagasy mammal fauna, yet scientists have historically neglected them. As a result, bat conservation and research on the island is in its infancy. Many vertebrate surveys during the 1980s and 1990s were completed in Madagascar without any reference to bat species in the parks and forests visited. The situation is quickly improving: a good example is the 1998 survey of Tampolo forest that omitted bats and the 2004 survey that included bats. Government hunting policy, however, remains inadequate for protecting bats.

4. CONSERVATION

4.1 Priorities

Given limited resources, especially in less industrially developed countries such as Madagascar, conservation efforts ought to be targeted carefully to maximize the conservation benefit.

Conservation of bats could base priorities for action on high bat species richness or diversity, or on the presence of bats species or groups of bat species that provide desired ecosystem services, that are rare, that are endemic, that represent a high level of taxonomic uniqueness (such as members of the endemic Myzopodidae), or that have vulnerable or threatened populations. Conservation work could then focus on geographic areas of known occurrence of high species richness or of the selected species. For instance, an unprotected cave roost with high species richness could be protected, or hunting patrolling and education could be increased in an intact forest with a hunted *P. rufus* roosting colony. Alternatively, conservation work could focus on ecosystems or habitat characteristics where the desired bat conservation criteria (high species richness,

etc.) may occur. An area of intact forest and karst could be protected if modeled species occurrence patterns indicated the likelihood of high species richness in such areas.

In Madagascar, species conservation assessments are incomplete, but threat levels indicate the pteropodids as well as *Hi. commersoni*, *Tr. auritus*, and *Ne. malagasyensis* are possible priorities for conservation. The pteropodids' role in pollination and seed dispersal, or their importance as a food resource, would grant them priority status if selection was based on those ecosystem services. Prioritization based on species' roles in possible pest control and guano production would select large colonies of molossidids as priorities for conservation. The myzopodids, as members of an endemic family, could be considered priorities based on their taxonomic uniqueness. Patterns of distribution and species richness on the island are not yet sufficiently understood to allow for large-scale prioritization based on that criterion, although analyses in some regions may approach the level of information needed (Goodman et al. 2005a).

To create conservation priorities at a large spatial scale based on the modeled distribution of bat habitat use would require firm knowledge of habitat and ecosystem use by bats. Although researchers have made great strides in understanding in recent years, their knowledge of bat habitat use on the island is likely not yet sufficient to allow for such modeling.

4.2 Education and Awareness

Given that bats are viewed primarily as food, pests, or nuisances, and are often associated with horror films, it is fair to say that the general public in Madagascar would benefit from more information about the lives of bats.

A conservation and education awareness program concerning bats should engage all levels of society. Conservation professionals could be targeted by the provision of factual reference material and training workshops. Integrating programs about bats into primary school education has the potential to provide generations of children with information about bats that leads to understanding, much as they already receive for



some of Madagascar's other important wildlife species. Community initiatives that strive to raise the awareness of adults regarding the importance of bats would likely have their greatest impact in areas with threatened roosting colonies; such efforts are already underway in some communities (Jenkins et al. 2007). Educational efforts could lead to the creation of government policies that better protect bats from hunting and habitat loss.

4.3 Protected Areas and Bats

Around the world, efforts to conserve the most threatened terrestrial species include the establishment of protected areas that exclude or regulate the amount and type of human disturbance. This approach is particularly successful for species that occur and remain wholly within reserve boundaries, and is most challenging for species that migrate over large distances. Because bats were not included in many vertebrate surveys in Madagascar, it is difficult to assess the contribution that the island's park network makes to bat conservation. Malagasy Microchiropterans that roost in houses and other buildings receive no benefit from protected areas; however, synanthropic species are thought to be relatively common and not in need of protection. The status of the rare *S. tandreana* has yet to be evaluated.

Most other Microchiropterans on the island roost in caves and these are more or less well represented in parks and reserves. Several protected karst areas in the north and west are good examples of areas with important bat caves that are official protected areas, but other sites known to contain high bat diversity (e.g., Anjohibe) are still unprotected. Even some important bat caves around the protected area of Ankarana in the North remain unprotected (Cardiff et al. 2009).

Madagascar's fruit bats are also a conservation priority because they are endemic and, therefore, of conservation concern, and many of their roosts occur outside of protected areas. There are only three known roosts of *R. madagascariensis* inside protected areas in Madagascar and, as noted by others (MacKinnon et al. 2003), *P. rufus* colonies are poorly represented in the parks. Some large *P. rufus* colonies receiving protection from ancestral taboos occur in forests very close to villages, indicating that these bats can benefit from conservation measures. Conservation efforts should favor increasing

protection at roosts that already occur within parks, and establishing new protected sites specifically for bats.

4.4 Roost Site Conservation

Because bats often roost in large colonies, the sheer numbers of bats may attract predators and humans with traps and guns. And since the bats are concentrated in one spot when roosting, they are also more vulnerable to other pressures, such as forest clearance, persecution, or fire. Given these pressures and the paucity of data on bat feeding sites, it is not surprising that roost conservation is considered a priority in Madagascar (MacKinnon et al. 2003; Goodman et al. 2005a; Jenkins et al. 2007).

Roost conservation, however, can be difficult to implement. Bats may regularly move between different roosts in response to disturbance, temperature shifts and seasonal changes, food availability, and predation and parasite loads. A thorough understanding of the roosting ecology of the targeted species would be needed to ensure that limited conservation resources be efficiently deployed.

Conservation of roost sites may be of greatest importance for species that use only one type of roost. As described above, *P. rufus* only roosts in trees and several species of bats only roost in caves. Depending on other criteria used for prioritizing, conserving roost sites for those more selective species may be a greater priority than conserving roost sites for species that roost in buildings, caves, and tree cavities.

Consideration of the importance of general roost type to bat species, as well as an understanding of the specific roosting habitat requirements of species in a particular area could allow managers to develop conservation priorities for that area. For cave roost sites, managers could seek to prioritize caves with high species richness, caves with species of potential conservation concern, or caves with species with either very particular or rare roost requirements. Such cave roost requirements could include caves that have larger entrances and longer total passage lengths (Cardiff 2006). In some cases, such as at Ankarana, multiple priority criteria can lead to the selection of the same caves as priorities for conservation (Cardiff 2006).



Roosts, in theory, provide a good opportunity for biologists to assess the population size of certain bat species on a regular basis. The conservation status of many Malagasy vertebrates is often extrapolated using changes in the forest cover. This approach is not appropriate for all bats, but without some form of method to assess population change, it will become increasingly difficult to revise the current IUCN Red List for bats.

Occasional visits to roosts as part of a population survey are not ideal because the absence of bats could be the result of actual population decline, roost site abandonment due to human activities, or regular roost site switching and seasonal movement. Given these difficulties, it is probably best to monitor permanent roost features (e.g., caves) at a selected number of sites on a regular basis. For roosts associated with trees, and especially those of *P. rufus*, it will be necessary to monitor a number of roosts within a given area on a regular basis and to conduct wider-scale, even national surveys at least once a decade to determine the rate at which roosts are destroyed.

4.5 Monitoring

Natural resource managers will be better able to conserve bat populations if they are able to identify threatened populations and the factors responsible for the threatened status, and reduce or eliminate those causes. In order to identify threatened populations, however, managers need baseline information about populations. Monitoring of bat populations can provide that baseline.

Many techniques are available to researchers and managers for monitoring bat populations (Bat Conservation Trust 2007). The most appropriate technique may depend on the species and setting, and different situations may require the use of multiple methods to obtain an accurate assessment. Large, tree-roosting bats may be reliably monitored by visual or disturbance counts if foliage is not too dense and the colony not too dispersed (Kunz et al. 1996). Cave-roosting bats may be monitored using a variety of techniques. These include interior survey counts for easily identifiable bats that do not roost in deep crevices and that are not so disturbed by human observers that

an accurate count is impossible. Cave passages must also be accessible to observers. Video recording with infrared light provides a means of limiting disturbance and obtaining accurate counts (e.g., O'Donnell 2002). One may also monitor cave populations by recording echolocation calls during bat emergence from caves, observing emergences with night vision equipment, video-recording emergences with infrared video, using laser beam counters (motion detectors), thermal imaging and, potentially, pit-tag counters for smaller cave openings (Kunz et al. 1996; Bat Conservation Trust 2007; Betke et al. 2008). Capture-mark-recapture studies may also provide reliable estimates at roost-sites or in foraging habitats. Researchers must take care, however, to use appropriate marking methods that minimize bat injuries (Kunz et al. 1996).

Any monitoring strategy must account for possible routine switching of roosts (Lewis 1995), seasonal changes in roost use, and seasonal changes in emergence patterns. Emergence activity, for example, may change dramatically between the wet and dry season for some species in Madagascar (S. Cardiff, pers. observ.).

The simplest and cheapest bats to monitor are large species that roost in colonies. Managers may, in some situations, obtain daytime counts, evening dispersal or morning return of *P. rufus* with relatively little equipment or expertise (Jenkins et al. 2007; Long and Racey 2007).

The appropriate method to estimate the number of bat individuals roosting in caves depends on the bat species, because species have different roosting habits and different sensitivities to various types of disturbance. Bats may also vary in their sensitivity to disturbance according to season, as some bats enter torpor in the dry season. Interior surveys of caves using regular artificial, white lighting may provide reliable counts of *Ei. dupreanum*, *Myo. goudoti*, and *Miniopterus* spp. in the dry season in Ankarana (S. Cardiff, pers. observ.). *Ei. dupreanum* individuals in cracks in cliff faces, however, may be indistinguishable and, therefore, uncountable until emergence (S. Cardiff, pers. observ.). Reliability of *Myo. goudoti* and *Miniopterus* spp. interior counts may also depend on time of day and season, as these bats may fly more readily at times and cause double counting as one proceeds through a cave. These species can also roost in areas that are difficult to access. Although



white lighting may allow counts of *Hi. commersoni* and *Ch. jobimena* in caves, counts of large colonies of these species may require video recording for accuracy. These bats, as well as *Mor. jugularis*, can also roost at sites that are too high in the cave to observe properly. White light may also allow repeatable counts of *O. madagascariensis*, but such counts may disturb the bats and observation with infrared lighting seems advisable. Infrared video recording also provides repeatable counts of *R. madagascariensis* in caves, but such equipment is expensive. If *R. madagascariensis* emerge from only one, accessible cave entrance, monitoring staff may use cheaper night-vision equipment to count emerging individuals, the eyes of which reflect the infrared light well. Interior infrared video recording may also allow for reliable counts of *Triaenops* spp. in large colonies that might fly too readily for observation when exposed to regular light. In some cases, such as with dispersed or small colonies of bats that fly readily upon observer approach in caves with multiple entrances, it may only be possible to monitor their continued presence at a given roost rather than actual population numbers (S. Cardiff, pers. observ.).

Acoustic monitoring can also be used to determine the presence of species at a roost or foraging site, and provide an abundance estimate. A reference library of recordings of bats identified to species, with tissue voucher samples such as wing punches, where possible, is a prerequisite to acoustic monitoring. Determination of distinguishing characteristics between calls of different species must also precede acoustic monitoring and, in some cases, calls will be too similar to successfully identify some species. Reference recordings should be made with high quality time expansion devices (Parsons and Obrist 2004). These recordings can be made successfully without causing the bat to greatly alter its calls by tying a thin fishing line to the bat and allowing it to fly along a fixed fishing line (Szewczak 2000). Frequency division devices, such as Anabat, may provide some advantages by allowing for automatic recording of calls and instantaneous recording, but reference calls must also then be made with frequency division recording and frequency division fails to properly capture some call characteristics, such as the frequency at which the call has the greatest energy. Reference call recordings and acoustic monitoring must also give proper consideration

to surrounding vegetation and other clutter that may cause the bat to alter its call. In Madagascar, bat biologists have already collected hundreds of reference calls for use in monitoring (e.g., Russ et al. 2003, Kofoky et al. 2009).

Monitoring proceeds with the identification of species based on comparison with reference calls (Bat Conservation Trust 2007). Where the number of bat species present is known to be low and bats calls are easily distinguishable by frequency of greatest energy, monitoring teams can use cheaper heterodyne detectors to identify the frequency of greatest energy. These can also serve to alert observers counting bats to their approach (O'Donnell 2002). The number of bat passes or feeding buzzes, as indicated by the number of calls heard or recorded, can serve as an index of bat activity, but can differ greatly from the number of individual bats flying through an area. These can potentially be used in studies of habitat use by bats, and several studies on Madagascar have applied acoustic monitoring for that purpose (Kofoky et al. 2006; Randrianandrianina et al. 2006; Rakotoarivelo et al. 2007). Acoustic monitoring, therefore, is generally more appropriately used to identify the presence of species rather than their relative abundance.

None of the observational methods allow verification of individual bat identities. If a species has low roost fidelity, then counts of populations in selected roost sites may not provide an accurate impression of population trends for an area. Evaluating roost site fidelity using marked bats would allow one to estimate the reliability of observational counts.

5. BRIGHTENING THE FUTURE OF BAT CONSERVATION

Bats in Madagascar and elsewhere constitute an important part of global biodiversity. The bats of Madagascar represent a unique assemblage of bat species with high endemism and many rare species. Bats on Madagascar, and globally, often perform important functions in the ecosystem and for humans by controlling pests, pollinating plants, and dispersing seeds. They are even considered keystone species for their role in those processes and their role in structuring invertebrate communities in caves. Bats



face numerous threats from hunting, from habitat loss, from deforestation, pollution, and roost disturbance, and from climate change. Efforts to limit hunting where unsustainable, to protect bat roosts inside and outside protected areas, to expand protected areas, and to strategically monitor roosts, will be essential to conserving bats on Madagascar and around the world. Conservation organizations in Madagascar can look internationally to projects by Bat Conservation International, Lube Bat Conservancy, and the Bat Conservation Trust for ideas and resources. The Madagasikara Voakajy and WWF Ecology Training Program and Vahatra bat projects have also done much to build the capacity necessary to advance bat research and conservation that we hope will allow the bats of Madagascar to overcome the many threats to their survival.

GLOSSARY

- Assemblage:** a set of species or other taxonomic group occurring in a defined area that may or may not exhibit certain ecological relationships among them
- Carcinogen:** a substance or agent that promotes or causes cancer
- Chiroptera:** the order of bats, from the Greek “hand wing”
- Cholinesterase inhibitor:** a chemical that inhibits a cholinesterase enzyme from breaking down acetylcholine, and that thus affects neuromuscular transmission
- Continental shelf island:** an island that lies on a continental shelf and is separated from the larger continental mass by relatively shallow water; Madagascar is sometimes called a microcontinental island because it is separated from Africa by a rift
- Echolocate:** to emit sound waves and listen to the echo in order to locate objects or navigate
- El Niño Southern Oscillation (ENSO):** a global coupled ocean–atmosphere phenomenon; it represents a set of interacting parts of a single global system of coupled ocean–atmosphere climate fluctuations that come about as a consequence of oceanic and atmospheric circulation. ENSO is the most prominent known source of inter–annual variability in weather and climate around the world (~3 to 8 years) and affects areas in and around the Pacific, Atlantic, and Indian Oceans. In an El Niño event, Pacific trade winds die down, causing warmer surface water to accumulate off western North and South America. This leads to increased rainfall, storm activity, and flooding in the Americas (especially the southwestern United States and Peru) and drought conditions in Australia and other areas in the western Pacific and the Indian Ocean
- Endemic:** occurring in the absence of human intervention only in a defined geographic or ecological area [in epidemiology, endemic means instead that a pathogen is maintained in a host population without the need for external inputs]
- Endocrine disruptor:** substance that causes adverse biological effects by interfering with the endocrine system and disrupting the physiologic function of hormones
- Feeding guild:** a group of species in a community that is functionally similar based on food habits or foraging behavior; examples include aerial insectivorous bats and gleaning bats
- Histoplasmosis:** a disease caused by the fungus *Histoplasma capsulatum* with symptoms including lung infection and, in African histoplasmosis (*Histoplasma capsulatum* var. *duboisii*), granulomatous lesions in the skin, subcutaneous tissues, and bones
- Laryngeal:** concerning the larynx, or voicebox, the mammalian organ in the neck that protects the trachea, houses the vocal cords, and produces sound
- Microclimate:** a local, external atmospheric zone where the climate differs from the surrounding area
- Monospecific:** a property of a genus or family that contains only a single known species
- Oceanic islands:** islands in the ocean that do not lie on a continental shelf
- Old World:** the terrestrial part of the Earth consisting of Africa, Eurasia, surrounding islands, and usually Australia
- Organochlorine pesticide:** a chemical including carbon, hydrogen, and chlorine elements that is used to kill insects or other organisms; examples include dioxin, DDT, dicofol, heptachlor, endosulfan, chlordane, mirex, and pentachlorophenol
- Pleistocene:** a geological epoch preceded by the Pliocene, followed by the Holocene, and lasting approximately from 1.8 million to 12,000 years before the present
- Pteropodidae:** a family of bats traditionally representing the sub–order Megachiroptera and consisting of bats with elongated faces, relatively large eyes, and claws on the second digit, as well as the first
- Seed dispersal:** the movement of plant seeds possibly leading to successful germination and growth of the plant seeds
- Taxonomic affinity:** the relative closeness of the phylogenetic relationship of one taxonomic group to another
- Thermoregulatory costs:** the energetic costs that an animal experiences in order to establish or maintain a certain internal temperature range
- Torpor:** a state of regulated hypothermia in an endotherm that conserves energy during cold periods, or periods of limited food or water availability

BIBLIOGRAPHY

- Allinson, G., C. Mispagel, N. Kajiwara, Y. Anan, J. Hashimoto, L. Laursen, M. Allinson, and S. Tanabe. 2006. Organochlorine and trace metal residues in adult southern bent–wing bat (*Miniopterus schreibersii bassanii*) in southeastern Australia. *Chemosphere* 64(9):1464–1471.
- Altringham, J.D. 1996. *Bats: biology and behavior*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Altringham, J.D. 2003. *British bats*. Harper Collins Publishers, London, UK.
- Andriafidison, D. 2004. Etude des rôles de *Eidolon dupreanum* (Pollen 1967) dans la pollinisation de baobabs (*Adansonia*



- grandidieri* and *A. suarezensis*) et de *Pteropus rufus* (Tiedman 1808) dans la dispersion des graines dans les régions ouest et nord de Madagascar. Master's thesis. Department of Animal Biology. University of Antananarivo, Antananarivo, Madagascar.
- Andriafidison, D., A.R. Andrianaivoarivelo, and R.K.B. Jenkins. 2006a. Records of tree roosting bats from western Madagascar. *African Bat Conservation News* 8:5–6.
- Andriafidison, D., A.R. Andrianaivoarivelo, O.R. Ramilijaona, M.R. Razanahoera, J. MacKinnon, R.K.B. Jenkins, and P.A. Racey. 2006b. Nectarivory by endemic Malagasy fruit bats during the dry season. *Biotropica* 38(1):85–90.
- Andriafidison, D., A. Kofoky, T. Mbohoahy, P.A. Racey, and R.K.B. Jenkins. 2007. Diet, reproduction and roosting habits of the Madagascar free-tailed bat, *Otomops madagascariensis* (Dorst 1953; Chiroptera: Molossidae). *Acta Chiropterologica* 9(2):445–450.
- Andrianaivoarivelo, A.R., N. Ranaivoson, P.A. Racey, and R.K.B. Jenkins. 2006. The diet of three synanthropic bats (Chiroptera: Molossidae) from eastern Madagascar. *Acta Chiropterologica* 8(2):439–444.
- Andrianaivoarivelo, A.R., O.R. Ramilijaona, and D. Andriafidison. 2007. *Rousettus madagascariensis* (Grandidier 1929) feeding on *Dimocarpus longan* in Madagascar. *African Bat Conservation News* 11:3–4.
- Andrianaivoarivelo, A.R., E.J. Petit, N. Razafindrakoto, and P.A. Racey. 2012. Feeding preference and seed dispersion by *Rousettus madagascariensis* (Grandidier 1928) in north-western Madagascar. *Revue d'Ecologie—La Terre et la Vie* 67(2):179–191.
- Andrianjaka, A. 2003. *Artiodactyla: Potamochoerus larvatus*. Pages 1365–1368 in S.M. Goodman, and J.P. Benstead, editors. *The natural history of Madagascar*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Arita, H.T. 1993. Conservation biology of the cave bats of Mexico. *Journal of Mammalogy* 74(3):693–702.
- Arita, H.T. 1996. The conservation of cave-roosting bats in Yucatan, Mexico. *Biological Conservation* 76(2):177–185.
- Ball, L.C. 2002. A strategy for describing and monitoring bat habitat. *Journal of Wildlife Management* 66(4):1148–1153.
- Bat Conservation Trust. 2007. *Bat surveys: good practice guidelines*. Bat Conservation Trust, London, UK.
- Bates, P.J.J., F.H. Ratrimomanarivo, D.L. Harrison, and S.M. Goodman. 2006. A description of a new species of *Pipistrellus* (Chiroptera: Vespertilionidae) from Madagascar with a review of related Vespertilionidae from the island. *Acta Chiropterologica* 8(2):299–324.
- Baum, D.A. 1995. The comparative pollination and floral biology of Baobabs (*Adansonia*: Bombacaceae). *Annals of the Missouri Botanical Gardens* 82(2):323–348.
- Bayliss, J., and B. Hayes. 1999. *The status and distribution of bats, primates, and butterflies from the Makira Plateau, Madagascar*. Fauna and Flora International, London, UK.
- Besairie, H., and M. Collignon. 1971. Géologie de Madagascar: les terrains sédimentaires. *Annales Géologiques de Madagascar* 35:1–463.
- Betke, M., D.E. Hirsh, N.C. Makris, G.F. McCracken, M. Procopio, N.I. Hristov, S. Tang, A. Bagchi, J.D. Reichard, J.W. Horn, S. Crampton, C.J. Cleveland, and T.H. Kunz. 2008. Thermal imaging reveals significantly smaller Brazilian free-tailed bat colonies than previously estimated. *Journal of Mammalogy* 89(1):18–24.
- Bird, M.I., E.M. Boobyer, C. Bryant, H.A. Lewis, V. Paz, and W.E. Stephens. 2007. A long record of environmental change from bat guano deposits in Makangit Cave, Palawan, Philippines. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh—Earth Sciences* 98(1):59–69.
- Birkinshaw, C. 2001. Fruit characteristics of species dispersed by the black lemur, *Eulemur macaco*, in the Lokobe Forest, Madagascar. *Biotropica* 33(3):478–486.
- Bleher, D.S. et al. 2009. Bat White-Nose Syndrome: an emerging fungal pathogen? *Science* 323(5911):227.
- Bollen, A., and L.V. Elsacker. 2002. Feeding ecology of *Pteropus rufus* (Pteropodidae) in the littoral forest of Sainte Luce, SE Madagascar. *Acta Chiropterologica* 4(1):33–47.
- Bollen, A., L. Van Elsacker, and G.U. Ganzhorn. 2004. Relations between fruits and disperser assemblages in a Malagasy littoral forest: a community-level approach. *Journal of Tropical Ecology* 20(6):599–612.
- Bonaccorso, F.J. 1998. *Bats of Papua New Guinea*. Conservation International, Washington, D.C., USA.
- Boonman, A., S. Bumrungsri, and Y. Yovel. 2014. Nonecholocating fruit bats produce biosonar clicks with their wings. *Current Biology* 24(24):2962–2967.
- Breed, A.C., H.E. Field, J.H. Epstein, and P. Daszak. 2006. Emerging henipaviruses and flying foxes – conservation and management perspectives. *Biological Conservation* 131(2):211–220.
- Brooke, A.P. 2001. Population status and behavior of the Samoan flying fox (*Pteropus samoensis*) on Tutuila Island, American Samoa. *Journal of Zoology* 254(3):309–319.
- Brooke, A.P., and M. Tschapka. 2002. Threats from overhunting to the flying fox, *Pteropus tonganus* (Chiroptera: Pteropodidae) on Niue Island, South Pacific Ocean. *Biological Conservation* 103(3):343–348.
- Brunet, A.K., and R.A. Medellín. 2001. The species-area relationship in bat assemblages of tropical caves. *Journal of Mammalogy* 82(4):1114–1122.
- Cabinet ADAPT. 1999. *Etude d'impact environnemental approfondie des activités d'exploitation du saphir dans et autour du Parc National de l'Ankarana*. Ministère de l'Environnement et Ministère des Eaux et Forêts, Madagascar.
- Cardiff, S.G. 2006. *Bat cave selection and conservation in Ankarana, northern Madagascar*. Master's thesis. Columbia University, New York, USA.
- Cardiff, S.G., and A. Andriamanalina. 2007. Contested spatial coincidence of conservation and mining efforts in Madagascar. *Madagascar Conservation and Development* 2(1):28–34.
- Cardiff, S.G., and J. Befourouack. 2008. *La réserve spéciale d'Ankarana*. In *Paysages naturels et biodiversité à Madagascar*. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, France.
- Cardiff, S.G., F.H. Ratrimomanarivo, G. Rembert, and S.M. Goodman. 2009. Hunting, roost disturbance, and roost persistence of bats at Ankarana, northern Madagascar. *African Journal of Ecology* 47(4):640–649.



- Cardiff, S.G., F.H. Ratrimomanarivo, and S.M. Goodman. 2012. The effect of tourist visits on the behavior of *Rousettus madagascariensis* (Chiroptera: Pteropodidae) in the caves of Ankarana, northern Madagascar. *Acta Chiropterologica* 14(2):479–490.
- Charles-Dominique, P., and A. Brosset. 2001. Les chauves-souris de Guyane. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France.
- Christidis, L., S.M. Goodman, K. Naughton, and B. Appleton. 2014. Insights into the evolution of a cryptic radiation of bats: dispersal and ecological radiation of Malagasy *Miniopterus* (Chiroptera: Miniopteridae). *PLOS ONE* 9(3):e92440. Available at <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0092440>.
- Clark, B.K., B.S. Clark, J. Leslie, D.M., and M.S. Gregory. 1996. Characteristics of caves used by the endangered Ozark big-eared bat. *Wildlife Society Bulletin* 24:8–14.
- Clark, D.R. 2001. DDT and the decline of free-tailed bats (*Tadarida brasiliensis*) at Carlsbad Cavern, New Mexico. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 40(4):537–543.
- Cox, P.A., T. Elmqvist, E.D. Pierson, and W.A. Rainey. 1991. Flying foxes as strong interactors in South Pacific island ecosystems: a conservation hypothesis. *Conservation Biology* 5(4):448–554.
- Dammhahn, M., and S.M. Goodman. 2014. Trophic niche differentiation and microhabitat utilization revealed by stable isotope analyses in a dry-forest bat assemblage at Ankarana, northern Madagascar. *Journal of Tropical Ecology* 30(2):97–109.
- Dávalos, L.M. 2004. Historical biogeography of the Antilles: earth history and phylogenetics of endemic chiropteran taxa. Ph.D. thesis. Columbia University, New York, New York, USA.
- Decary, R., and A. Keiner. 1970. Les cavités souterraines de Madagascar. *Annales de Spéléologie* 25:409–440.
- Dew, J.L., and P. Wright. 1998. Frugivory and seed dispersal by four species of primates in Madagascar's eastern rainforest. *Biotropica* 30(3):425–437.
- Diaz-Ricart, M. 2006. Desmoteplase – thrombolytic plasminogen activator. *Drugs of the Future* 31(5):385–389.
- Dorst, J. 1947a. Essai d'une clef de détermination des chauves-souris malgaches. *Mémoires de l'Institut Scientifique de Madagascar, Série A* 1:81–88.
- Dorst, J. 1947b. Les chauves-souris de la faune Malgache. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle* 19(1):306–313.
- Dorst, J. 1948a. Biogéographie des chiroptères Malgaches. *Mémoires de l'Institut Scientifique de Madagascar, Série A* 1:193–198.
- Dorst, J. 1948b. Les chiroptères du genre *Triaenops* Dobson (Hipposiderines). *Mammalia* 12(1):15–21.
- Dorst, J. 1953. Considérations sur le genre "Otomops" et description d'une espèce nouvelle de Madagascar. *Mémoires de l'Institut Scientifique de Madagascar Série A* 8:235–240.
- Dwyer, P.D. 1971. Temperature and cave-dwelling in bats: an evolutionary perspective. *Mammalia* 35(3):424–455.
- Eger, J.L., and L. Mitchell. 1996. Biogeography of the bats of Madagascar. Pages 321–328 in W.R. Lourenco, editor. *Biogéographie de Madagascar*. ORSTOM, Paris, France.
- Eger, J.L., and L. Mitchell. 2003. Chiroptera, bats. Pages 1287–1298 in S.M. Goodman, and J.P. Benstead, editors. *The natural history of Madagascar*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Fenolio, D.B., G.O. Graening, B.A. Collier, and J.F. Stout. 2006. Coprophagy in a cave-adapted salamander; the importance of bat guano examined through nutritional and stable isotope analyses. *Proceedings of the Royal Society B* 273(1585):439–443.
- Fenton, M.B. 1999. Describing the echolocation calls and behavior of bats. *Acta Chiropterologica* 1(2):127–136.
- Ferreira, R.L., and R.P. Martins. 1999. Trophic structure and natural history of bat guano invertebrate communities, with special reference to Brazilian caves. *Tropical Zoology* 12(2):231–252.
- Ferreira, R.L., X. Prous, and R.P. Martins. 2007. Structure of bat guano communities in a dry Brazilian cave. *Tropical Zoology* 20(1):55–74.
- Giannini, N.P., and N.B. Simmons. 2005. Conflict and congruence in a combined DNA-morphology analysis of megachiropteran bat relationships (Mammalia: Chiroptera: Pteropodidae). *Cladistics* 21(5):411–437.
- Golden, C.D. 2005. Eaten to endangerment: mammal hunting and the bushmeat trade in Madagascar's Makira Forest. Undergraduate thesis, Harvard University, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Goodman, S.M., O. Langrand, and C.J. Raxworthy. 1993. The food habits of the barn owl *Tyto alba* at three sites on Madagascar. *Ostrich* 64(4):160–171.
- Goodman, S.M., and J.U. Ganzhorn. 1997. Rarity of figs (*Ficus*) on Madagascar and its relationship to a depauperate frugivore community. *La Terre et la Vie: Revue d'Ecologie* 52(4):321–329.
- Goodman, S.M. 1999. Notes on the bats of the Réserve Intégrale d'Andohahela and surrounding areas of southeastern Madagascar. *Fieldiana: Zoology* 94:251–257.
- Goodman, S.M., J.U. Ganzhorn, and D. Rakotondravony. 2003. Introduction to the mammals. Pages 1159–1186 in S.M. Goodman, and J.P. Benstead, editors. *The natural history of Madagascar*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Goodman, S.M., and S.G. Cardiff. 2004. A new species of *Chaerephon* (Molossidae) from Madagascar with notes on other members of the family. *Acta Chiropterologica* 6(2):227–248.
- Goodman, S.M., and J. Ranivo. 2004. The taxonomic status of *Neoromicia somalicus malagasyensis*. *Mammal Biology* 69(6):434–438.
- Goodman, S.M. et al. 2005a. The distribution and conservation of bats in the dry regions of Madagascar. *Animal Conservation* 8(2):153–165.
- Goodman, S.M., R.K.B. Jenkins, and F.H. Ratrimomanarivo. 2005b. A review of the genus *Scotophilus* (Mammalia, Chiroptera, Vespertilionidae) on Madagascar, with the description of a new species. *Zoosystema* 27(4):867–882.
- Goodman, S.M., F.H. Ratrimomanarivo, and F.H. Randrianandrianina. 2006a. A new species of *Scotophilus* (Chiroptera: Vespertilionidae) from western Madagascar. *Acta Chiropterologica* 8(1):21–37.
- Goodman, S.M., F. Rakotondraparany, and A. Kofoky. 2006b. The description of a new species of *Myzopoda* (Myzopodidae: Chiroptera) from western Madagascar. *Mammalian Biology* 72(2):65–81.
- Goodman, S.M., S.G. Cardiff, J. Ranivo, A.L. Russell, and A.D.



- Yoder. 2006c. A new species of *Emballonura* (Chiroptera: Emballonuridae) from the dry regions of Madagascar. *American Museum Novitates* 3538:1–24.
- Goodman, S.M., and O. Griffiths. 2006d. A case of exceptionally high predation levels of *Rousettus madagascariensis* by *Tyto alba* (Aves: Tytonidae) in western Madagascar. *Acta Chiropterologica* 8(2):553–556.
- Goodman, S.M., K.E. Ryan, C.P. Maminirina, J. Fahr, L. Christidis, and B. Appleton. 2007. Specific status of populations on Madagascar referred to *Miniopterus fraterculus* (Chiroptera: Vespertilionidae), with description of a new species. *Journal of Mammalogy* 88(5): 1216–1229.
- Goodman, S.M., S.G. Cardiff, and F.H. Ratrimomanarivo. 2008a. First record of *Coleura* (Chiroptera: Emballonuridae) on Madagascar and identification and diagnosis of members of the genus. *Systematics and Biodiversity* 6(2):283–292.
- Goodman, S.M., F.H. Ratrimomanarivo, J. Ranivo, and S.G. Cardiff. 2008b. The hunting of microchiropteran bats in different portions of Madagascar. *African Bat Conservation News* 16(4):4–7.
- Goodman, S.M., C.P. Maminirina, H.M. Bradman, L. Christidis, and B. Appleton. 2009. The use of molecular phylogenetic and morphological tools to identify cryptic and paraphyletic species: examples from the diminutive long-fingered bats (Chiroptera: Miniopteridae: Miniopterus) on Madagascar. *American Museum Novitates* 3669:1–34.
- Goodman, S.M., W. Buccas, T. Naidoo, F. Ratrimomanarivo, P.J. Taylor, and J. Lamb. 2010a. Patterns of morphological and genetic variation in western Indian Ocean members of the *Chaerephon* 'pumilus' complex (Chiroptera: Molossidae), with the description of a new species from Madagascar. *Zootaxa* 2551(1):1–36.
- Goodman, S.M., N. Weyeneth, Y. Ibrahim, I. Saïd, and M. Ruedi. 2010b. A review of the bat fauna of the Comoro Archipelago. *Acta Chiropterologica* 12(1):117–141.
- Goodman, S.M. 2011. Les Chauves-souris de Madagascar. Association Vahatra, Antananarivo, Madagascar.
- Goodman, S.M., S.J. Puechmille, N. Friedli-Weyeneth, J. Gerlach, M. Ruedi, M.C. Schoeman, W.T. Stanley, and E. Teeling. 2012. Phylogeny of the Emballonurini (Emballonuridae) with descriptions of a new genus and species from Madagascar. *Journal of Mammalogy* 93(6):1440–1455.
- Goodman, S.M., C.F. Rakotondramanana, B. Ramasindrazana, T. Kearney, A. Monadjem, M.C. Schoeman, P.J. Taylor, K. Naughton, and B. Appleton. 2015. An integrative approach to characterize Malagasy bats of the subfamily Vespertilioninae Gray, 1821, with the description of a new species of *Hypsugo*. *Zoological Journal of the Linnean Society* 173(4):988–1018.
- Grandidier, A. 1870. Description de quelques animaux nouveaux, découverts à Madagascar, en novembre 1869. *Revue et Magazine de Zoologie* 2:49–50.
- Grandidier, G. 1912. Une nouvelle chauve-souris de Madagascar. Le *Trienops aurita* G.G. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle* 18:8–9.
- Grandidier, G. 1929. Nouvelle espèce de chauve-souris frugivore *Rousettus madagascariensis* G. Grand. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle* 11:91–93.
- Grandidier, G. 1937. Mammifères nouveaux de la région de Diego-Suarez (Madagascar). *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle* 9:347–353.
- Gugnani, H.C., and F. Muotoe-Okafor. 1997. African histoplasmosis: a review. *Revista Iberoamericana de Micología* 14(4):155–159.
- Harris, J.A. 1970. Bat-guano cave environment. *Science* 169(3592):1342–1343.
- Hastings, A., J.E. Byers, J.A. Crooks, K. Cuddington, C.G. Jones, J.G. Lambrinos, T.S. Talley, and W.G. Wilson. 2007. Ecosystem engineering in space and time. *Ecology Letters* 10(2):153–164.
- Hawkins, A.F.A., and S.M. Goodman. 2003. Introduction to the birds. Pages 1019–1044 in S.M. Goodman, and J.P. Benstead, editors. *The natural history of Madagascar*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Ho, Y.Y., and L.L. Lee. 2003. Roost selection by Formosan leaf-nosed bats (*Hipposideros armiger terasensis*). *Zoological Science* 20(8):1017–1024.
- Hodgkinson, R., S.T. Balding, Z. Zubaid, and T.H. Kunz. 2003. Fruit bats (Chiroptera: Pteropodidae) as seed dispersers and pollinators in lowland Malaysian rain forest. *Biotropica* 35(4):491–502.
- Humphries, M.M., D.W. Thomas, and J.R. Speakman. 2002. Climate-mediated energetic constraints on the distribution of hibernating mammals. *Nature* 418(6895):313–316.
- Hurst, T.E., and M.J. Lacki. 1991. Roost selection, population size and habitat use by a colony of Rafinesque's big-eared bats (*Corynorhinus rafinesquii*). *American Midland Naturalist* 142(2):363–371.
- Hutcheon, J.M. 2003. Frugivory by Malagasy bats. Pages 1205–1207 in S.M. Goodman, and J.P. Benstead, editors. *The natural history of Madagascar*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Hutson, A.M., S.P. Mickleburgh, and P.A. Racey. 2001. Microchiropteran bats – Global status survey and conservation action plan. IUCN/SSC Chiroptera Specialist Group, Gland, Switzerland.
- Iehlé, C., G. Razafitrimo, J. Razainirina, N. Andriaholinirina, S.M. Goodman, C. Faure, M.C. Georges-Courbot, D. Rousset, and J.M. Reynes. 2007. Henipavirus and Tioman virus antibodies in pteropodid bats, Madagascar. *Emerging Infectious Diseases* 13(1):159–161.
- Ingram, J.C., and T.P. Dawson. 2005. Climate change impacts and vegetation response on the island of Madagascar. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 363(1826):55–59.
- Jenkins, R.K.B., D. Andriafidison, H.J. Razafimanahaka, A. Rabearivelo, N. Razafindrakoto, Z. Ratsimandresy, R.H. Andrianandrasana, E. Razafimahatratra, and P.A. Racey. 2007. Not rare, but threatened: the endemic Madagascar flying fox *Pteropus rufus* in a fragmented landscape. *Oryx* 41(2):263–271.
- Johnson, S.A., V. Brack Jr., and R.E. Rolley. 1998. Overwinter weight loss of Indiana bats (*Myotis sodalis*) from hibernacula subject to human visitation. *American Midland Naturalist* 139(2):255–261.
- Jones, K.E., K.E. Barlow, N. Vaughan, A. Rodríguez-Durán, and M.R. Gannon. 2001. Short-term impacts of extreme environmental disturbance on the bats of Puerto Rico. *Animal Conservation* 4(1):59–66.



- Keiner, A. 1964. De la présence de certaines populations ichtyologiques dans les eaux souterraines des formations karstiques de la côte ouest de Madagascar. *Bulletin de Madagascar* 219:573–592.
- Kofoky, A., D. Andriafidison, F. Ratriomomanarivo, H.J. Razafimanahaka, D. Rakotondravony, P.A. Racey, and R.K.B. Jenkins. 2006. Habitat use, roost selection and conservation of bats in Tsingy de Bemaraha National Park, Madagascar. *Biodiversity and Conservation* 16(4):1039–1053.
- Kofoky, A., F. Randrianandrianina, J. Russ, I. Raharinantenaina, S.G. Cardiff, R.K.B. Jenkins, and P.A. Racey. 2009. Forest bats of Madagascar: results of acoustic surveys. *Acta Chiropterologica* 11(2):375–392.
- Koopman, K.F. 1984. Taxonomic and distributional notes on tropical Australian bats. *American Museum Novitates* 2778:1–48.
- Koopman, K.F. 1989. Distributional patterns of Indo–Malayan bats (Mammalia: Chiroptera). *American Museum Novitates* 2942:1–19.
- Koopman, K.F. 1993. Order Chiroptera. Pages 137–241 in D.E. Wilson, and D.M. Reeder, editors. *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., USA.
- Kull, C.A. 2003. Fire and the management of highland vegetation. Pages 153–157 in S.M. Goodman, and J.P. Benstead, editors. *The natural history of Madagascar*. University of Chicago, Chicago, Illinois, USA.
- Kunz, T.H., D.W. Thomas, G.C. Richards, C.R. Tidemann, E.D. Pierson, and P.A. Racey. 1996. Observational techniques for bats. Pages 105–114 in D.E. Wilson, F.R. Cole, J.D. Nichols, R. Rudran, and M.S. Foster, editors. *Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for mammals*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., USA.
- Lagadec, E., Y. Gomard, V. Guernier, M. Dietrich, H. Pascalis, S. Temmam, B. Ramasindrazana, S.M. Goodman, P. Tortosa, and K. Dellagi. 2012. Pathogenic *Leptospira* spp. in bats, Madagascar and Union of the Comoros. *Emerging Infectious Diseases* 18(10):1696–1698.
- Lambert, A.J., H.M. Boysen, J.A. Buckingham, T. Yang, A. Podlutzky, S.N. Austad, T.H. Kunz, R. Buffenstein, and M.D. Brand. 2007. Low rates of hydrogen peroxide production by isolated heart mitochondria associate with long maximum lifespan in vertebrate homeotherms. *Aging Cell* 6(5):607–618.
- Lausen, C.L., and R.M.R. Barclay. 2002. Roosting behaviour and roost selection of female big brown bats (*Eptesicus fuscus*) roosting in rock crevices in southeastern Alberta. *Canadian Journal of Zoology* 80(6):1069–1076.
- LaVal, R.K. 2004. Impact of global warming and locally changing climate on tropical cloud forest bats. *Journal of Mammalogy* 85(2):237–244.
- Lee, Y.F., and G.F. McCracken. 2005. Dietary variation of Brazilian free-tailed bats links to migratory populations of pest insects. *Journal of Mammalogy* 86(1):67–76.
- Leelapaibul, W., S. Bumrungsri, and A. Pattanawiboon. 2005. Diet of wrinkle-lipped free-tailed bat (*Tadarida plicata* Buchanan, 1800) in central Thailand: insectivorous bats potentially act as biological pest control agents. *Acta Chiropterologica* 7(1):111–119.
- Lewis, S.E. 1995. Roost fidelity of bats: a review. *Journal of Mammalogy* 76(2):481–496.
- Long, E. 2002. The feeding ecology of *Pteropus rufus* in a remnant gallery forest surrounded by sisal plantations in south-east Madagascar. Ph.D. thesis. University of Aberdeen, Aberdeen, UK.
- Long, E., and P.A. Racey. 2007. An exotic plantation crop as a keystone resource for an endemic chiropteran, *Pteropus rufus*, in Madagascar. *Journal of Tropical Ecology* 23(4):397–407.
- Louette, M., D. Meirte, and R. Jocqué. 2004. La faune terrestre de l'archipel des Comores. Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren, Belgium.
- MacArthur, R.H., and E.O. Wilson. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- MacKinnon, J.L., C.E. Hawkins, and P.A. Racey. 2003. Pteropodidae, fruit bats, fanihy, angavo. Pages 1299–1302 in S.M. Goodman, and J.P. Benstead, editors. *The natural history of Madagascar*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Mann, S.L., R.J. Steidl, and V.M. Dalton. 2002. Effects of cave tours on breeding *Myotis velifer*. *Journal of Wildlife Management* 66(3):618–624.
- Marshall, A.G. 1983. Bats, flowers, and fruit: evolutionary relationships in the Old World. *Biological Journal of the Linnean Society* 20(1):115–135.
- McDonald, R.E., D.G. Bleaken, D.R. Cresswell, V.D. Pope, and C.A. Senior. 2005. Tropical storms: representation and diagnosis in climate models and the impacts of climate change. *Climate Dynamics* 25(1):19–36.
- Meehan, K.A., E.J. Truter, J.P. Slabbert, and M.I. Parker. 2004. Evaluation of DNA damage in a population of bats (Chiroptera) residing in an abandoned monazite mine. *Mutation Research: Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis* 557(2):183–190.
- Mickleburgh, S.P., A.M. Hutson, and P.A. Racey. 1992. Old World fruit bats: an action plan for their conservation. IUCN/SSC Chiroptera Specialist Group, Gland, Switzerland.
- Mickleburgh, S.P., A.M. Hutson, and P.A. Racey. 2002. A review of the global conservation status of bats. *Oryx* 36(1):18–34.
- Milne–Edwards, A., and A. Grandidier. 1878. Note sure un nouveau genre de chiroptère. *Bulletin de la Société Philomathématique Paris* 2(7):220–221.
- Miranda, M., P. Burris, J.F. Bingcang, P. Shearman, J.O. Briones, A. La Viña, and S. Menard. 2003. Mining and critical ecosystems: mapping the risks. The World Resources Institute, Washington, D.C., USA.
- Mispagel, C., M. Allinson, G. Allinson, N. Iseki, C. Grant, and M. Morita. 2004. DDT and metabolites residues in the southern bent-wing bat (*Miniopterus schreibersii bassanii*) of south-eastern Australia. *Chemosphere* 55(7):997–1003.
- Molinari, J., E.E. Gutiérrez, A.A. De Ascensão, J.M. Nassar, A. Arends, and R.J. Marquez. 2005. Predation by giant centipedes, *Scolopendra gigantea*, on three species of bats in a Venezuela cave. *Caribbean Journal of Science* 41(2):340–346.
- Morris, P., and F. Hawkins. 1996. *Birds of Madagascar*. Yale University Press, New Haven, Connecticut, USA.
- O'Donnell, C.F.J. 2002. Variability in numbers of long-tailed bats



- (*Chalinolobus tuberculatus*) roosting in Grand Canyon Cave, New Zealand: implications for monitoring population trends. *New Zealand Journal of Zoology* 29(4):273–284.
- Palacios-Vargos, J.G., and J. Wilson. 1990. *Troglobius coprophagus*, a new genus and species of cave Collembola from Madagascar, with notes on its ecology. *International Journal of Speleology* 19(1):67–73.
- Parris, K.M., and D.L. Hazell. 2005. Biotic effects of climate change in urban environments: the case of the grey-headed flying-fox (*Pteropus poliocephalus*) in Melbourne, Australia. *Biological Conservation* 124(2):267–276.
- Parsons, S., and M.K. Obrist. 2004. Recent methodological advances in the recording and analysis of *Chiropteran biosonar* signals in the field. Pages 468–478. J.A. Thomas, C.F. Moss, and M. Vater, editors. *Echolocation in bats and dolphins*. University of Chicago, Chicago, Illinois, USA.
- Patterson, B.D., M.R. Willig, and R.D. Stevens. 2003. Ecological diversity of bats. Pages 536–579 in T.H. Kunz, and M.B. Fenton, editors. *Bat ecology*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Peterson, R.L., J.L. Eger, and L. Mitchell. 1995. Faune de Madagascar: chiroptères. Muséum national d'histoire naturelle, Paris, France.
- Picot, M.M. 2005. Etude de l'écologie du Megachiroptère *Eidolon dupreanum* (Pollen, 1866) et son rôle dans la dispersion des graines en lisière du corridor forestier reliant les parcs nationaux de Ranomafana et d'Andringitra. Unpublished. Université d'Antananarivo, Antananarivo, Madagascar.
- Picot, M., R.K.B. Jenkins, O. Ramilijaona, P.A. Racey, and S.M. Carrière. 2007. The feeding ecology of *Eidolon dupreanum* (Pteropodidae) in eastern Madagascar. *African Journal of Ecology* 45(4):645–650.
- Pryde, M.A., C.F.J. O'Donnell, and R.J. Barker. 2005. Factors influencing survival and long-term population viability of New Zealand long-tailed bats (*Chalinolobus tuberculatus*): implications for conservation. *Biological Conservation* 126(2):175–185.
- Racey, P.A., and A.C. Entwistle. 2003. Conservation ecology of bats. Pages 680–743 in T.H. Kunz, and M.B. Fenton, editors. *Bat ecology*. The University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Racey, P.A., S.M. Goodman, and R.K.B. Jenkins. 2009. The ecology and conservation of Malagasy bats. Pages 369–404 in T.H. Fleming, and P.A. Racey, editors. *Island bats evolution, ecology, and conservation*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Rahaingodrahety, V.N., D. Andriafidison, J.H. Ratsimbazafy, P.A. Racey, and R.K.B. Jenkins. 2008. Three flying fox (Pteropodidae: *Pteropus rufus*) roosts, three conservation challenges in southeastern Madagascar. *Madagascar Conservation and Development* 3(1):17–21.
- Raheriaisena, M. 2005. Régime alimentaire de *Pteropus rufus* (Chiroptera: Pteropodidae) dan la région sub-aride du sud de Madagascar. *La Terre et la Vie: Revue d'Ecologie* 60(3):255–264.
- Rajemison, B., and S.M. Goodman. 2007. The diet of *Myzopoda schleimanni*, a recently described Malagasy endemic, based on scat analysis. *Acta Chiropterologica* 9(1):311–313.
- Ralisata, M., F.R. Andriamboavonjy, D. Rakotondravony, O.R. Ravoahangimalala, F.H. Randrianandrianina, and P.A. Racey. 2010. Monastic *Myzopoda*: the foraging and roosting ecology of a sexually segregated Malagasy endemic bat. *Journal of Zoology* 282(2):130–139.
- Randrianandrianina, F., D. Andriafidison, A.F. Kofoky, O. Ramilijaona, F. Ratrimomanarivo, P.A. Racey, and R.K.B. Jenkins. 2006. Habitat use and conservation of bats in rainforest and adjacent human-modified habitats in eastern Madagascar. *Acta Chiropterologica* 8(2):429–437.
- Rakotoarivelo, A.A., N. Ranaivoson, O.R. Ramilijaona, A.F. Kofoky, P.A. Racey, and R.K.B. Jenkins. 2007. Seasonal food habits of five sympatric forest microchiropterans in western Madagascar. *Journal of Mammalogy* 88(4):959–966.
- Rakotonandrasana, E.N., and S.M. Goodman. 2007. Bat inventories of the Madagascar offshore islands of Nosy Be, Nosy Komba and Ile Sainte-Marie. *African Bat Conservation News* 12:6–9.
- Ranivo, J.C. 2001. Contribution à l'étude de la Biologie et de l'effet de la prédation humaine sur la roussette: *Eidolon dupreanum*. Master's thesis. Département de Biologie Animale, Université d'Antananarivo, Antananarivo, Madagascar.
- Ratrimomanarivo, F.H. 2003. Etude du régime alimentaire de Mégachiroptères: *Eidolon dupreanum* Pollen 1866 dans les Hautes-Terres Centrales Malgaches et son rôle potentiel sur la dispersion des graines de plantes dans l'écosystème modifié par l'homme. Master's thesis. Département de Biologie Animale, Université d'Antananarivo, Antananarivo, Madagascar.
- Ratrimomanarivo, F.H., and S.M. Goodman. 2005. The first records of the synanthropic occurrence of *Scotophilus* spp. on Madagascar. *African Bat Conservation News* 6:3–5.
- Razakarivony, H.V. 2003. Etude d'impact de la prédation humaine sur la roussette *Pteropus rufus* [Tiedemann, 1808] dans la région de Morondava. Master's thesis. Département de Biologie Animale, Université d'Antananarivo, Antananarivo, Madagascar.
- Razakarivony, V., B. Rajemison, and S.M. Goodman. 2005. The diet of Malagasy microchiroptera based on stomach contents. *Mammalian Biology* 70(5):312–316.
- Rodríguez-Durán, A. 1998. Nonrandom aggregations and distribution of cave-dwelling bats in Puerto Rico. *Journal of Mammalogy* 79(1):141–146.
- Rodríguez-Durán, A., and J.A. Soto-Centeno. 2003. Temperature selection by tropical bats roosting in caves. *Journal of Thermal Biology* 28(6):465–468.
- Ruedi, M., N. Friedli-Weyeneth, E.C. Teeling, S.J. Puechmaille, and S.M. Goodman. 2012. Biogeography of Old World emballonurine bats (Chiroptera: Emballonuridae) inferred with mitochondrial and nuclear DNA. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 64(1):204–211.
- Russ, J., D. Bennett, K. Ross, and A. Kofoky. 2003. The bats of Madagascar: a field guide with descriptions of echolocation calls. Viper Press, Glossop, UK.
- Scheele, D., T.L.S. Vincent, and G.N. Cameron. 1996. Global warming and the species richness of bats in Texas. *Conservation Biology* 10(2):452–464.
- Schliemann, H., and S.M. Goodman. 2003. *Myzopoda aurita*. Pages 1303–1306 in S.M. Goodman, and J.P. Benstead, editors. *The natural history of Madagascar*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.



- Schoeman, M.C., and S.M. Goodman. 2012. Vocalizations in the Malagasy cave-dwelling fruit bat, *Eidolon dupreanum*: possible evidence of incipient echolocation?. *Acta Chiropterologica* 14(2):409–416.
- Sherwin, R.E., D. Stricklan, and D.S. Rogers. 2000. Roosting affinities of Townsend's big-eared bat (*Corynorhinus townsendii*) in northern Utah. *Journal of Mammalogy* 81(4):939–947.
- Shilton, L.A., J.D. Altringham, S.G. Compton, and R.J. Wittaker. 1999. Old World fruit bats can be long-distance seed dispersers through extended retention of viable seeds in the gut. *Proceedings of the Royal Society of London B* 266(1416):219–223.
- Silva Taboada, G. 1979. Los murciélagos de Cuba. Editorial Academia, La Havana, Cuba.
- Simmons, N.B. 2005. Chiroptera. Pages 312–529 in D.E. Wilson, and D.M. Reeder, editors. *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference*. John Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA.
- Stebbing, R.E., and F. Griffith 1986. *Distribution and status of bats in Europe*. Natural Environment Research Council, Huntingdon, UK.
- Szewczak, J.M. 2000. A tethered zip-line arrangement for reliably collecting bat echolocation reference calls. *Bat Research News* 41:142.
- Taylor, P.J. 2000. *Bats of southern Africa*. University of Natal Press, Pietermaritzburg, South Africa.
- Teeling, E.C., M.S. Springer, O. Madsen, P. Bates, S.J. O'Brien, and W.J. Murphy. 2005. A molecular phylogeny for bats illuminates biogeography and the fossil record. *Science* 307(5709):580–584.
- Thomas, D.W. 1995. Hibernating bats are sensitive to nontactile human disturbance. *Journal of Mammalogy* 76(3):940–946.
- Thomas, J.A., C.F. Moss, and M. Vater, editors. 2004. *Echolocation in bats and dolphins*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Tsagkogeorga, G., J. Parker, E. Stupka, J.A. Cotton, and S.J. Rossler. 2013. Phylogenomic analyses elucidate the evolutionary relationships of bats. *Current Biology* 23(22):2262–2267.
- Tuttle, M.D. 1979. Status, cause of decline, and management of endangered gray bats. *Journal of Wildlife Management* 43(1):1–17.
- Vincelette, M., L. Randrihasipara, J.B. Ramanamanjato, P.P.I. Lowry, and J.U. Ganzhorn. 2003. Mining and environmental conservation: the case of QIT Madagascar minerals in the southeast. Pages 1535–1537 in S.M. Goodman, and J.P. Benstead, editors. *The natural history of Madagascar*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Wells, N.A. 2003. Some hypotheses on the Mesozoic and Cenozoic paleoenvironmental history of Madagascar. Pages 16–34 in S.M. Goodman, and J.P. Benstead, editors. *The natural history of Madagascar*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Wilhelm, D., S.L. Althoff, A.L. Dafre, and A. Boveris. 2007. Antioxidant defenses, longevity and ecophysiology of South American bats. *Comparative Biochemistry and Physiology C – Toxicology and Pharmacology* 146(1):214–220.
- Wilkinson, D.A. et al. 2014. Highly diverse morbillivirus-related paramyxoviruses in wild fauna of the southwestern Indian Ocean islands: evidence of exchange between introduced and endemic small mammals. *Journal of Virology* 88(15):8268–8277.
- Wilson, J.M. 1982. A review of world *Troglopedetini* (Insecta, Collembola, Paronellidae) including an identification table and descriptions of new species. *Cave Science* 9:210–226.
- Wilson, J.M. 1985. Ecology of the crocodile caves of Ankarana, Madagascar. *Cave Science* 12:135–138.
- Wilson, D.E., F.R. Cole, J.D. Nichols, R. Rudran, and M.S. Foster. 1996. *Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for mammals*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., USA.
- Wright, J.P., and C.G. Jones. 2006. The concept of organisms as ecosystem engineers ten years on: progress, limitations, and challenges. *Bioscience* 56(3):203–209.

ACKNOWLEDGEMENTS

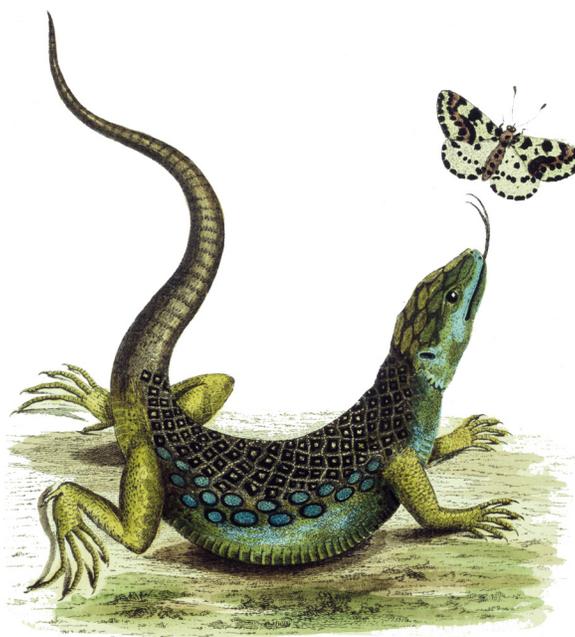
NCEP gratefully acknowledges the support of the following organizations and institutions:

The John D. and Catherine T. MacArthur Foundation
Réseau des Educateurs et Professionnels de la Conservation–Madagascar
Columbia University, New York, USA
Durrell Conservation Academy, Jersey, UK
Durrell Wildlife Conservation Trust, Madagascar
EcoRegional Initiative, Madagascar
University of Aberdeen, Aberdeen, UK
University of Antananarivo, Antananarivo, Madagascar
Wildlife Conservation Society–Madagascar

We welcome your comments and feedback. To write to NCEP or for more information, contact the Network of Conservation Educators and Practitioners at:

American Museum of Natural History
Center for Biodiversity and Conservation
79th Street at Central Park West
New York, New York 10024
ncep@amnh.org

Lessons in Conservation is available electronically at ncep.amnh.org/linc



AMERICAN MUSEUM OF NATURAL HISTORY

CENTER FOR BIODIVERSITY AND CONSERVATION

NETWORK OF CONSERVATION EDUCATORS & PRACTITIONERS