

# **Biodiversity, Ecology and Conservation of Littoral Ecosystems in Southeastern Madagascar, Tolagnaro (Fort Dauphin)**

## **Editors**

**Jörg U. Ganzhorn**

Professor

Department of Animal Ecology and Conservation, Hamburg University

Martin-Luther-King Platz 3, 20146 Hamburg, Germany

ganzhorn@zoologie.uni-hamburg.de

**Steven M. Goodman**

Senior Field Biologist

Field Museum of Natural History

1400 South Lake Shore Drive, Chicago, Illinois 60605, USA

sgoodman@fieldmuseum.org

**Manon Vincelette**

Director, Biodiversity Conservation and Rehabilitation

QIT Madagascar Minerals, BP 225, Tolagnaro 614, Madagascar

manon.vincelette@riotinto.com

## **SI/MAB Series Editor**

**Alfonso Alonso**

Head, Monitoring and Assessment of Biodiversity Program

Smithsonian Institution, National Zoological Park

PO Box 37012, Washington DC 20013-7012, USA

alonsoa@si.edu

**SI/MAB Series #11**

**November 14, 2007**

Cover design and inserts: NDG Communications, Inc

All photographs are credited in the captions in brackets. QMM = QIT Madagascar Minerals; ASC= Aquaculture Service Conseil

French translations: Lucienne Wilmé and Manon Vincelette

Preferred citations:

Ganzhorn, J. U., S. M. Goodman, and M. Vincelette. 2007. *Biodiversity, Ecology and Conservation of Littoral Ecosystems in Southeastern Madagascar, Tolagnaro (Fort Dauphin)*. Series editor Alfonso Alonso. SI/MAB Series #11. Smithsonian Institution, Washington DC, USA.

Ramanamanjato, J. B. 2007. Reptile and Amphibian Communities along the Humidity Gradient and Fragmentation Effects in the Littoral Forests of southeastern Madagascar. Pp. 167 - 179, in: Ganzhorn, J. U., S. M. Goodman, and M. Vincelette, eds. *Biodiversity, Ecology and Conservation of Littoral Ecosystems in Southeastern Madagascar, Tolagnaro (Fort Dauphin)*. Series editor Alfonso Alonso. SI/MAB Series #11. Smithsonian Institution, Washington DC, USA.

Copies available as supplies last from QIT Madagascar Minerals, BP 225, Tolagnaro 614, Madagascar, Rio Tinto, 6, St James's Square, London, UK, and from SI/MAB Program PO Box 37012, Washington DC 20013-7012.

The ideas presented in the book are purely opinions of the authors and do not reflect the opinions of the Smithsonian Institution.

Printed in the United States of America by McArdle Printing Company, Inc. Upper Marlboro, Maryland, on recycled paper.

ISBN 978-1-893912-00-7

## Table of Contents

### Forewords

### Acknowledgements

### Biodiversity images ..... i - xvi

### 1. Introduction / Introduction

- 1.1** The QMM/Rio Tinto project history in Tolagnaro and its social and environmental concepts  
L'historique du projet QMM/Rio Tinto à Tolagnaro à travers ses enjeux sociaux et environnementaux  
Manon VINCELETTE, Lisa DEAN and Jörg U. GANZHORN ..... 1

### 2. The Anosy Region, the Littoral Zone, and Human Pressures / La Région de l'Anosy, la Zone Littorale et les Pressions Humaines

- 2.1** The Tolagnaro (Fort Dauphin) region: A brief overview of the geology, hydrology, and climatology / Brève revue de la géologie, de l'hydrologie et de la climatologie de la région de Tolagnaro (Fort Dauphin)  
Manon VINCELETTE, Jacques DUMOUCHEL, Jean GIROUX and Rémi HERIARIVO ..... 9

- 2.2** The archeological evidence of the Anosy Region / L'évidence archéologique de la Région de l'Anosy  
Henry T. WRIGHT and Jean Aimé RAKOTOARISOA ..... 19

- 2.3** A perspective on the paleo-ecology and biogeography of extreme southeastern Madagascar, with special reference to animals / Une perspective de la paléoécologie et de la biogéographie dans l'extrême sud-est de Madagascar, avec référence particulière aux animaux  
Steven M. GOODMAN and Jean-Baptiste RAMANAMANJATO ..... 25

- 2.4** Evaluations of forest cover at regional and local levels in the Tolagnaro Region since 1950 / Évaluation de la couverture forestière aux niveaux régional et local dans la région de Tolagnaro depuis 1950  
Manon VINCELETTE, Martin THEBERGE and Laurent RANDRIHASIPARA ..... 49

- 2.5** Human exploitation of forest resources in Mandena in 2000 / Exploitation des ressources forestières à Mandena en 2000  
Mamitiana Tovonanahary RASOLOFOHARIVELO ..... 59

### 3. Flora / Flore

- 3.1** Floristic and structural characteristics of remnant littoral forest sites in the Tolagnaro Area / Caractéristiques floristiques et structurales des sites de forêts littorales résiduelles dans la région de Tolagnaro  
Johny RABENANTOANDRO, Faly RANDRIATAFIKA and Porter P. LOWRY II ..... 65

- 3.2** Correspondence between vernacular and scientific names of littoral forest plants in the Tolagnaro area /  
Correspondances entre les noms vernaculaires et les noms scientifiques des plantes de la forêt littorale  
de la région de Tolagnaro  
Faly RANDRIATAFIKA and Johny RABENANTOANDRO ..... 95
- 3.3** Analyses of seed germination of littoral forest native species in southeastern Madagascar / Analyse de la  
germination des semences des espèces autochtones de la forêt littorale du sud-est de Madagascar  
Faly RANDRIATAFIKA, Johny RABENANTOANDRO and Rivo A. RAJOHARISON ..... 119
- 3.4** Fruit characteristics: fruit selection, animal seed dispersal and conservation matters in the Sainte Luce  
forests / Caractéristiques des fruits: sélection des fruits et dispersion des graines par les animaux et enjeux  
de conservation dans les forêts de Sainte Luce  
An BOLLEN ..... 127
- 4. Fauna / Faune**
- 4.1** Giant pill-millipedes (Diplopoda: Sphaerotheriida) in the littoral forest fragments of southeastern  
Madagascar / Cloportes géants (Diplopoda: Sphaerotheriida) dans les fragments de la forêt littorale  
du sud-est de Madagascar  
Thomas WESENER and Johann-Wolfgang WÄGELE ..... 147
- 4.2** An inventory of the Mantodea and Phasmatodea in the littoral forests near Tolagnaro  
(Fort-Dauphin) / Inventaire des Mantodea et des Phasmatodea dans les forêts littorales des  
environs de Tolagnaro (Fort-Dauphin)  
Kai SCHÜTTE ..... 155
- 4.3** Checklist of dragonflies of the littoral forests near Tolagnaro (Fort-Dauphin) / Liste de contrôle des  
libellules des forêts littorales des environs de Tolagnaro (Fort-Dauphin)  
Kai SCHÜTTE and Pierre RAZAFINDRAIBE ..... 163
- 4.4** Reptile and amphibian communities along the humidity gradient and fragmentation effects in the littoral  
forests of southeastern Madagascar / Communautés de reptiles et d'amphibiens sur un gradient d'humidité  
et effets de la fragmentation dans les forêts littorales du sud-est de Madagascar  
Jean-Baptiste RAMANAMANJATO ..... 167
- 4.5** Conservation of a rare Malagasy snake: the case of *Pseudoxyrhopus kely* (Family Colubridae) /  
Conservation d'un serpent malgache rare: Le cas de *Pseudoxyrhopus kely* (Famille Colubridae)  
Jean-Baptiste RAMANAMANJATO, Richard K. B. JENKINS  
and Christian J. RANDRIANANTOANDRO ..... 181
- 4.6** Conservation of bird diversity in Madagascar's southeastern littoral forests / Conservation de la  
diversité avienne dans les forêts littorales du sud-est de Madagascar  
James E. M. WATSON ..... 187
- 4.7** Ecology and conservation of bats in the southern Anosy Region / Écologie et conservation des  
chauves-souris dans la région sud de l'Anosy  
Richard K. B. JENKINS, Amyot F. KOFOKY, Jon M. RUSS, Daudet ANDRIAFIDISON,  
Björn M. SIEMERS, Félicien RANDRIANADRIANINA, Tsibara MBOHOAHY,  
Volana N. RAHAINGONDRAHETY and Paul A. RACEY ..... 209

- 4.8** Lemurs in evergreen littoral forest fragments / Les lémuriens des fragments de forêt littorale sempervirente  
 Jörg U. GANZHORN, Tolona ANDRIANASOLO, Tantely ANDRIANJAZALAHATRA,  
 Giuseppe DONATI, Joanna FIETZ, Petra LAHANN, Ivan NORSCIA, Jacques RAKOTONDRANARY,  
 Bakoly M. RAKOTONDRATSIMA, José RALISON, Roger E.A.F. RAMAROKOTO,  
 Seheny RANDRIAMANGA, Sandrine RASARIMANANA, Berthe RAKOTOSAMIMANANA,  
 Jean-Baptiste RAMANAMANJATO, Gisèle F. N. RANDRIA, Mamitiana Tovonanahary  
 RASOLOFOHARIVELO, Marlène RAZANAHOERA-RAKOTOMALALA, Jutta SCHMID  
 and Simone SOMMER ..... 223
- 4.9** Translocation as a conservation measure for an endangered species in the littoral forest of southeastern Madagascar: the case of *Eulemur collaris* / Le translocation à titre de mesure de conservation pour une espèce en danger dans la forêt littorale du sud-est de Madagascar: Le cas d'*Eulemur collaris*  
 Giuseppe DONATI, Jean-Baptiste RAMANAMANJATO, Andry M. RAVOAHANGY  
 and Manon VINCELETTE ..... 237
- 4.10** Gastrointestinal parasites of small mammals in the littoral forest of Mandena / Parasites gastro-intestinaux des petits mammifères de la forêt littorale de Mandena, Madagascar  
 Brigitte M. RAHARIVOLOLONA, RAKOTONDRAVAO and Jörg U. GANZHORN ..... 247
- 4.11** Forest fragmentation effects on functional genes: Immune gene variability (MHC) of *Microcebus murinus* and *Rattus rattus* in the Mandena forest / Effets de la fragmentation forestière sur les gènes codants: variabilité des gènes Immunes (CMH) de *Microcebus murinus* et *Rattus rattus* dans les fragments forestiers de Mandena  
 Simone SOMMER ..... 259
- 4.12** Mitochondrial genetic data indicate a recent range expansion of gray mouse lemurs (*Microcebus murinus*) in the littoral forests of southeastern Madagascar / Des données génétiques mitochondriales indiquent une expansion récente de l'aire de distribution des petits microcèbes (*Microcebus murinus*) dans les forêts littorales du sud-est de Madagascar  
 Andreas HAPKE, Daniel RAKOTONDRAVONY, Jean-Baptiste RAMANAMANJATO, Olga R. RAMILJAONA, Gisèle F. N. RANDRIA and Hans ZISCHLER ..... 273
- 5. Aquatic Ecosystems / Ecosystèmes Aquatiques**
- 5.1** Description of the Mandena aquatic ecosystem / Description de l'écosystème aquatique de Mandena  
 Jean Pierre REVILLE, Sam SALLEY, Jasmin Parson RANDRIANASOLONJANAHARY,  
 Jean-Marie NIGET, Marc VALENTINE and Benjamina ANJARA ..... 281
- 5.2** A review of the spiny lobster fishery in the Tolagnaro (Fort-Dauphin) Region / Revue de l'activité de pêche de la langouste dans la région de Tolagnaro (Fort-Dauphin) à Madagascar  
 Gino SABATINI, Sam SALLEY and Jean-Baptiste RAMANAMANJATO ..... 299
- 6. Conservation, Restoration, and Natural Resources Management / Conservation, Restauration et Gestion des Ressources Naturelles**
- 6.1** The Mandena *Dina*, a potential tool at the local level for sustainable management of renewable natural resources / Le *Dina* de Mandena, un outil potentiel au niveau local pour la gestion durable des ressources naturelles renouvelables  
 Christian RARIVOSON ..... 309

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| <b>6.2</b> | The Mandena tree nursery, an example of plant production adapted for site rehabilitation after mining /<br>La pépinière de Mandena, un exemple pour la production de plantes adaptées à la réhabilitation après<br>exploitation minière<br>Christian RARIVOSON and Roger MARA .....  | 317 |
| <b>6.3</b> | Testing of fast growing tree species for the rehabilitation of mine sites / Essais sur des espèces<br>d'arbres à croissance rapide pour la réhabilitation des sites miniers<br>Christian RARIVOSON and Roger MARA .....  | 323 |
| <b>6.4</b> | Growth results of five non-native fast growing species used to reforest sandy and nutrient poor soils /<br>Résultats de croissance de cinq espèces allogènes à croissance rapide et utilisées pour la reforestation<br>des terrains sableux et pauvres en nutriments<br>Christian RARIVOSON, Manon VINCELETTE, TSITANDY and Roger MARA.....  | 331 |
| <b>6.5</b> | Results from ten years of restoration experiments in the southeastern littoral forests of Madagascar /<br>Résultats de dix années d'expériences de restauration de la forêt littorale du sud-est de Madagascar<br>Manon VINCELETTE, Johny RABENANTOANDRO, Laurent RANDRIHASIPARA,<br>Faly RANDRIATAFIKA and Jörg U. GANZHORN .....   | 337 |
| <b>6.6</b> | Monitoring of biometric and ecological parameters following restoration of a <i>Lepironia mucronata</i><br>(Family Cyperaceae) wetland in Mandena / Suivi des paramètres biométriques et écologiques après<br>restauration d'un marécage à <i>Lepironia mucronata</i> (Famille des Cyperaceae) à Mandena<br>Faly RANDRIATAFIKA, Jean-Baptiste RAMANAMANJATO Manon VINCELETTE,<br>Salohy SOLOARIVELO and Laurent RANDRIHASIPARA .....   | 355 |
| <b>6.7</b> | Testing the propagation and growth of the liana <i>Flagellaria indica</i> , used to make lobster traps, and<br><i>Bambusa multiplex</i> as an alternative source / Essais sur la propagation et la croissance de la liane<br><i>Flagellaria indica</i> , utilisée pour confectionner des casiers à langoustes, et de <i>Bambusa multiplex</i> à<br>titre de ressource alternative<br>Johny RABENANTOANDRO, Laurent RANDRIHASIPARA, Faly RANDRIATAFIKA,<br>Manon VINCELETTE and Jean RAKOTO ..... | 363 |
| <b>6.8</b> | Biology, ecology, risk of extinction, and conservation strategy for <i>Eligmocarpus cynometroides</i><br>(Fabaceae): a priority species at Petriky / Biologie, écologie, risque d'extinction et stratégie de<br>conservation pour <i>Eligmocarpus cynometroides</i> (Fabaceae), une espèce prioritaire de Petriky<br>Faly RANDRIATAFIKA, Johny RABENANTOANDRO, Chris BIRKINSHAW<br>and Manon VINCELETTE .....  | 369 |
| <b>6.9</b> | Restoration trials of the Anony River estuary banks by dune stabilization and mangrove tree plantation /<br>Essais de restauration des berges de l'estuaire de la rivière Anony par la stabilisation des dunes et<br>la plantation de palétuviers<br>Manon VINCELETTE, Christian RARIVOSON and Benjamina ANJARA .....  | 379 |
|            | <b>Index of Scientific Names</b> .....   | 385 |



**REPOBLIKAN'Y MADAGASIKARA**

*Tanindrazana - Fahafahana - Fandrosoana*

**PRESIDENCY OF THE REPUBLIC**

*The President*

**PREFACE OF H.E. MARC RAVALOMANANA,  
PRESIDENT OF THE REPUBLIC OF MADAGASCAR**

I welcome this timely work that in my opinion will not only make a valuable contribution in reversing certain harmful trends, but also in reaching important objectives for Madagascar. In the context of global warming and the resulting deterioration of the environment everywhere, a scientific book addressing biodiversity, ecology and conservation in the unique region of Anosy is a positive step in the right direction for Madagascar.

We are convinced that we can achieve sustainable development through the green revolution we are promoting through the Madagascar Action Plan, the MAP. The first step towards our green revolution was already taken in 2003 at the World Summit on the Environment in Durban, South Africa, where we promised to triple our protected areas. We are determined to keep that promise.

The publication of this document also reinforces our conviction that the conservation of the environment is in everyone's interest and therefore the business of all. It challenges the priorities of those working in this sector, as well as those whose activities have been traditionally classified as harmful to the environment.

The results of about twenty years of research on the prospects and impact of mining ilmenite in Taolagnaro indicates that mining activities undertaken in a responsible way can indeed make a positive and meaningful contribution to the protection of biodiversity.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Ravalomanana', written over a long horizontal line.

**MARC RAVALOMANANA**

## **PREFACE DU PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE DE MADAGASCAR MARC RAVALOMANANA**

J'accueille cet ouvrage qui arrive à point nommé car selon mon opinion il ne contribuera pas seulement à renverser certaines tendances mais également à atteindre des objectifs importants pour Madagascar. En effet, dans un contexte de réchauffement climatique global et les conséquences de la dégradation de l'environnement au niveau planétaire, un ouvrage scientifique traitant de biodiversité, d'écologie et de conservation dans la région unique de l'Anosy est une étape positive dans la bonne direction pour Madagascar.

Nous sommes convaincus que nous pouvons atteindre un développement durable par la révolution verte que nous prônons à travers le Madagascar Action Plan, le MAP. La première étape vers notre révolution verte a déjà été prise en 2003 lors du Sommet Mondial de l'Environnement

de Durban, Afrique du Sud, où nous avons promis de tripler nos Aires Protégées. Nous sommes déterminés à respecter cette promesse.

La publication de ce document nous conforte également dans notre conviction que la préservation de l'environnement est l'affaire de tous. Elle interpelle prioritairement ceux qui travaillent dans le domaine, mais aussi ceux dont les activités ont traditionnellement été catalogués comme néfastes à l'environnement.

Les résultats d'une vingtaine d'années de recherche sur les perspectives et impacts de l'exploitation de l'ilménite de Taolagnaro indiquent que les activités minières menées d'une manière responsable peuvent effectivement contribuer positivement et significativement à la protection de la biodiversité.

## FOREWORD BY PAUL SKINNER

Chairman of Rio Tinto

“Unique” is an over used word but for natural ecosystems the term is always literally correct. So too for mineral deposits which are geologically unique, even if the minerals end up in a diversity of products widely used in modern life. The social, economic and political setting of a proposed development project is likewise different for each location.

At Rio Tinto we understand that aspects of our activities interact to create a unique mixture of sensitivities, threats and opportunities for each new project. Our commitment is to use the best available resources and processes to ensure that by respecting sensitivities, minimising threats and maximising opportunities, our new projects meet the requirements and expectations of a wide range of stakeholders. Mining will only proceed if the unavoidable residual impacts are acceptable, if the project is supported by local communities, and if governance frameworks are robust and transparent.

These commitments are expressed in our statement of business practice, *The way we work*, and supplemented by additional strategic work in areas such as biodiversity, water, HIV/AIDS and sustainable development. Our experiences in Madagascar have both informed and have been informed by the progress we have made in these areas over the past years, and we will continue to develop and improve our practices. The elaboration of the Rio Tinto’s Biodiversity Guidelines and Principles in 2004, *Sustaining a Natural Balance – A practical guide to integrating biodiversity into Rio Tinto’s operational activities* is a clear example of this commitment.

Deposits of ilmenite sand, containing valuable quantities of titanium dioxide, were discovered near Tolagnaro (Fort Dauphin) in 1986. This triggered a long process of scientific investigation, social and political engagement and project evaluation. Significant milestones were passed in 2001 with the approval of the Social and Environmental Impact

Assessment and in 2005 with the decision by Rio Tinto to invest US\$ 585 million in the construction of a mine with an expected life of 60 years. Underpinning the project has been 15 years of sustained work by large teams of dedicated professionals drawn not only from Rio Tinto but also from universities, our biodiversity partner organisations, the Malagasy Government and other groups.

This book is also unique. It documents a clear example of how the commitment to understanding complex biological, environmental and development factors has led us to the discovery of new ways of working with others. It reflects the approach of Rio Tinto / QMM that predates by about 15 years, the new *Good Practice Guidance for Mining and Biodiversity* developed by an IUCN/ICMM initiative in 2003 and recently launched at the Conservation International Symposium in Madagascar.

We consider this book a model for new environmental standards in mining with promising implications for conservation. We are proud of this finished documentation and of the long term relationships with our collaborators. Attitudes have been changed in Rio Tinto by QMM’s experiences. Our aims are to be a partner in delivering positive conservation outcomes and to move towards achieving a net positive impact on biodiversity in the regions in which Rio Tinto operates.

The fate of the remarkable and valuable species and ecosystems described in this book is inextricably linked to achieving sustainable socio-economic development for the people of the Anosy region. Rio Tinto shares a belief with the Malagasy Government and many of our partners that the conservation of biological diversity can be achieved as one of the sustainable outcomes of a successful ilmenite mine near Tolagnaro. It is our challenge to work with others to achieve that vision over the next few decades.

## PRÉFACE DE PAUL SKINNER

Président de Rio Tinto

“Unique” est une expression parfois trop utilisée, mais lorsqu’on fait allusion aux écosystèmes naturels, ce terme est toujours approprié. Il en est de même des gisements minéralisés qui sont géologiquement uniques, même si ces minéraux aboutissent vers divers types de produits utilisés dans la vie moderne. De même, le cadre social, économique et politique d’un projet de développement est souvent différent pour chaque endroit.

Chez Rio Tinto, nous comprenons que les aspects de nos activités interagissent pour créer un mélange unique de sensibilités, de risques et d’opportunités pour chaque nouveau projet. Nous nous engageons à utiliser les meilleures ressources disponibles et processus pour assurer que par le respect de ces sensibilités, en minimisant les risques et en maximisant les opportunités, nos nouveaux projets remplissent les conditions et attentes d’un grand nombre de parties prenantes. L’exploitation minière ne pourra avoir lieu que si les impacts résiduels inévitables sont acceptables, que si le projet a l’appui des communautés locales, et que si les cadres de gouvernance sont solides et transparents.

Ces engagements sont exprimés dans notre déclaration de pratique des opérations, *Notre approche de l’entreprise*, auquel s’ajoute un travail stratégique dans des domaines comme la biodiversité, l’eau, le VIH/SIDA et le développement durable. Nos expériences à Madagascar ont permis d’informer et d’être informé par le progrès que nous avons effectué dans ces domaines au cours des années passées, et nous continuerons à développer et à améliorer ces pratiques. L’élaboration des Directives et Principes de la Biodiversité de Rio Tinto en 2004, *Sustaining a Natural Balance – A practical guide to integrating biodiversity into Rio Tinto’s operational activities*, constitue un exemple éloquent de cet engagement.

Des gisements d’ilménite contenant une quantité importante de dioxyde de titane ont été découverts près de Tolagnaro (Fort Dauphin) en 1986. Cela a déclenché un long processus de recherche scientifique, d’engagement social et politique ainsi que d’évaluation de projet. Des étapes significatives ont été effec-

tuées en 2001 avec l’approbation de l’Etude d’Impact Environnemental et Social et en 2005 avec la décision de Rio Tinto d’investir US\$ 585 millions dans la construction de la mine dont la durée de vie est de 60 ans. Le projet a nécessité 15 ans de travail soutenu de la part d’équipes de professionnels dévoués, issues non seulement de Rio Tinto mais également d’universités, de partenaires dans la biodiversité, du Gouvernement Malgache et d’autres groupes.

Ce livre est également unique. Il démontre un engagement à la compréhension de la complexité des facteurs biologiques, environnementaux et de développement qui nous a amené à découvrir de nouvelles façons de travailler avec les autres. Il reflète aussi l’approche de Rio Tinto/QMM qui devance de 15 ans, la nouvelle approche *Good Practice Guidance for Mining and Biodiversity* développée par une initiative UICN/ICMM en 2003 et récemment lancée lors du Symposium International sur la Conservation qui s’est tenu à Madagascar.

Nous considérons que ce livre est un modèle pour de nouveaux standards environnementaux en matière minière avec des implications prometteuses pour la conservation. Nous sommes fiers d’avoir réalisé ce livre et développé des relations à long terme que nous avons établies avec nos collaborateurs. Les expériences de QMM ont changé les attitudes de Rio Tinto. Notre objectif est d’être un partenaire, d’atteindre des résultats positifs en matière de conservation et d’œuvrer pour réaliser un résultat net positif sur la biodiversité dans les régions où Rio Tinto travaille.

Le sort des espèces et des écosystèmes remarquables et précieux décrits dans ce livre est étroitement lié à l’accomplissement d’un développement socio-économique durable pour la population de la région de l’Anosy. Rio Tinto partage l’avis du Gouvernement Malagasy et de nos nombreux autres partenaires que la conservation de la diversité biologique peut être réalisée comme l’un des bénéfices durables d’une exploitation de l’ilménite près de Tolagnaro. C’est notre défi de travailler avec les autres pour réaliser cette vision au cours des prochaines décennies.

## FOREWORD / PRÉFACE BY GARY O'BRIEN

President of QIT Madagascar Minerals

It is a great pleasure to be able to present this book to you. It is an eloquent testimony to the importance we in QMM/Rio Tinto attach to the protection of the natural environments in which we operate. We take great pride in our association with this publication.

In the early 1990s we began a broader approach to our management of the environmental impacts of our activities. We established a number of very fruitful partnerships with international and national NGOs, as well as with eminent research and academic institutions. We also began to hire people from the environmental sector who until then would not normally have chosen to pursue their careers in a mining company. These new relationships, as this book shows, have been very beneficial to all concerned. We have taken great pleasure in giving a group of very talented people - both from Madagascar and elsewhere - an opportunity to fulfill their career aspirations, while benefiting the cause of environmental protection in Madagascar. Equally these new relationships have had a profound impact on the more traditional mining company employee, such as myself. I and my colleagues are deeply appreciative of the way our partners and environmental colleagues have changed our thinking and expanded our horizons to an extent we could scarcely have imagined some ten years ago.

This book contains an impressive collection of scientific research. However, it represents much more than this. It is the result of the commitment and devotion of all those who worked on it. It not only reflects their scientific curiosity, but also their deep respect and love for Madagascar, its culture, its people and its environmental treasures. I would like to thank everyone who has contributed to this book - it is a truly wonderful gift you have given Madagascar and I hope everyone will appreciate its value as much as we do in QMM/Rio Tinto.

C'est un immense plaisir de pouvoir vous présenter ce livre car il représente un éloquent témoignage de l'importance que QMM/Rio Tinto attache à la protection de l'environnement naturel dans lequel nous opérons. Nous sommes donc très fiers d'être associés à la réalisation de cette publication.

Nous avons démarré au début des années 90 par une approche élargie de notre gestion des impacts environnementaux au niveau de nos activités. Nous avons établi un certain nombre de partenariats très fructueux avec des ONG internationales et nationales, ainsi qu'avec d'éminentes institutions de recherche et du monde universitaire. Nous avons aussi commencé à recruter des personnes du secteur environnemental qui, à l'époque, n'auraient normalement pas choisi de poursuivre leur carrière dans une compagnie minière. Ces nouveaux partenariats, comme le démontre ce livre, ont profité à tous les concernés. Nous avons eu grand plaisir à fournir à un groupe de personnes très talentueuses - malagasy et autres - une opportunité de satisfaire leurs aspirations professionnelles, tout en participant à la cause de la protection de l'environnement à Madagascar. Ces nouvelles relations ont également eu un impact positif important sur l'employé plus traditionnel provenant d'une compagnie minière, que je suis. Mes collègues et moi-même apprécions sincèrement la manière dont nos partenaires et collègues environnementaux ont changé notre façon de penser et élargi nos horizons d'une façon telle qu'il était difficile d'imaginer, quelques dix ans plus tôt.

Ce livre contient une collection impressionnante de recherches scientifiques. Cependant, il représente beaucoup plus que cela. Il est le résultat d'un engagement et d'un dévouement de tous ceux qui y ont travaillé. Non seulement, il reflète leur curiosité scientifique, mais également leur profond respect et amour de Madagascar, de sa culture, de son peuple et des trésors que contient son environnement. Je voudrais remercier tout ceux qui ont contribué à la réalisation de ce livre - c'est un réel et merveilleux cadeau que vous offrez à Madagascar et j'espère que chacun appréciera sa valeur autant que nous à QMM/Rio Tinto.

## FOREWORD / PRÉFACE BY ALFONSO ALONSO

Head, Monitoring and Assessment of Biodiversity Program

The Smithsonian Institution is an international organization with the mission to increase and diffuse knowledge among people. The institution has a strong commitment to support scientific research, exploration, discovery, and to disseminate the information gathered to as many audiences as possible. The more knowledge we have about an area the better decisions we can make about balancing the fulfillment of human needs with the protection of the natural environment such that those needs can be met in the present and in the future.

It is with this purpose that the Smithsonian Institution/Monitoring and Assessment of Biodiversity Program (SI/MAB) Series was created. The book "Biodiversity, Ecology and Conservation of Littoral Ecosystems in Southeastern Madagascar, Tolagnaro (Fort Dauphin)" is the next scientific contribution (for a complete list of the SI/MAN Series please see the inside page of the back cover in this book). SI/MAB Series #11 is composed of six sections. It has an introduction to the QMM mineral project and its social and environmental context; Section two covers the Anosy region, the littoral ecosystems and the human pressures in the region for the use of natural resources; Sections three, four and five detail studies in the flora, fauna and aquatic ecosystems. The last section is devoted to restoration activities and suggested proper natural resource management actions for the long term conservation of the region.

It is our hope that the people of Tolagnaro and Madagascar will find the information provided in this book inspirational in their quest to achieve long term sustainable development goals. We thank all the researchers that contributed to this book, the government of Madagascar, and QMM for making the book possible.

Smithsonian Institution est une organisation internationale dont la mission est d'accroître et de diffuser le savoir au niveau des peuples. L'institution est fortement engagée à soutenir la recherche scientifique, l'exploration, la découverte, et à diffuser les informations recueillies au plus grand nombre de publics intéressés. Plus nous améliorons nos connaissances concernant une zone en particulier, meilleures seront les décisions prises concernant l'équilibre entre la satisfaction des besoins humains et la protection de l'environnement naturel de telle sorte que ces besoins peuvent être satisfaits aujourd'hui comme dans l'avenir.

C'est dans ce but que les séries Smithsonian Institution/ Monitoring and Assessment of Biodiversity Program (SI/MAB) ont été créées. Le livre "Biodiversity, Ecology, and Conservation of Littoral Ecosystems in Southeastern Madagascar, Tolagnaro (Fort Dauphin)" est la prochaine contribution scientifique (pour la liste complète des séries SI/MAB, veuillez consulter la page intérieure de la couverture de ce livre). La série SI/MAB # 11 est composée de six chapitres et comprend une introduction au projet QMM et son contexte social et environnemental; La deuxième section porte sur la région de l'Anosy, les écosystèmes littoraux et les pressions humaines dans la région quant à l'utilisation des ressources naturelles; Les sections trois, quatre et cinq étudient en détail la flore, la faune et les écosystèmes aquatiques; La dernière section est consacrée aux activités de restauration et porte sur la bonne gestion des ressources naturelles et les actions pour la conservation à long terme dans la région.

Nous avons bon espoir que le peuple de Tolagnaro et de Madagascar trouveront que les informations fournies dans ce livre puissent les inspirer dans leur quête pour l'atteinte des objectifs du développement durable à long terme. Nous remercions tous les chercheurs qui ont contribué à ce livre, le gouvernement de Madagascar, et QMM pour faire en sorte que ce livre soit devenu réalité.

## Acknowledgements

Since the late 1980s, QMM has facilitated logistical, financial, and other support to a number of national and foreign researchers in the context of studies pertaining to the forest, freshwater, and marine ecosystems and human landscapes of the Tolagnaro region, southeastern Madagascar. The idea, brought to fruition here, to summarize this research in monographic form, was conceived in 1998. Some of these studies were specifically commissioned by QMM, as they had been identified as key aspects within their environmental program. The authors of several of these studies went out of their way to transform their technical reports into chapters for this volume.

The QMM Environment/Biodiversity group played a crucial role in providing logistical support, in coordinating, and collaborating in many of these studies. We sincerely thank Gary O'Brien, Guy Larin, and Ny Fanja Rakotomalala of QMM for supporting numerous aspects of biological research in the Tolagnaro region and the means to produce this book. A special thanks to Jean Giroux, Serge Lachapelle, and Daniel Lambert for their confidence and instrumental role in the realization of much of the research presented here.

QMM has provided a variety of means for students from national and overseas universities to take part in field schools and conduct research in southeastern Madagascar. The collaborations with the universities of Antananarivo and Toliara have been most fruitful. In particular we thank Daniel Rakotondravony, Olga Ramiijaona, Marlène Razanahoera-Rakotomalala, Emilienne Razafimatratra, the late Berthe

Rakotosamimanana, Gisèle Randria, Armand Rasoamiamanana, Félicité Rejo-Fienena, and Manwaï Rabenevanana for their support. We also express our appreciation to a number of individuals for their reviews of chapters: Jonathan Ekstrom, Karl Ganzhorn, Julian Glos, Christoph Reisdorff, Nina Rüdél, and Anne Yoder. This list does not include various reviewers that are amongst the co-authors of this monograph. Martin Théberge produced one figure revision after the other in a seemingly untiring way. Lucienne Wilmé translated most of the abstracts into French. A special thanks to Stephanie Sult, Francisco Dallmeier, Joseph Kolowski, Amanda Munley, and Tatiana Pacheco from the Monitoring and Assessment of Biodiversity Program, Center for Conservation, Education and Sustainability, National Zoological Park, Smithsonian Institution, for their support and help in putting this book together. Tom Nelson, Nancy Mudd, Tracy Stire, Susan Zimmerman and Brian Yohn from NDG Communications, Inc for the design and formatting, and Mac Hobbs, from McArde Printing Company, for being instrumental in organizing the printing of the document on the planned time.

Finally, we graciously thank the Government of Madagascar for supporting this work and those who contributed chapters to it, and more specifically to the members of the regional office of the Ministry of Environment, Water and Forest (CIREEF) and the National Office for Environment.

The publication of this book has been financed by QMM.