

Chapitre 1. Introduction

Steven M. Goodman^{1,2}, **Marie Jeanne Raherilalao**^{2,3}, **Achille P. Raselimanana**^{2,3}, **José Ralison**^{2,3}, **Voahangy Soarimalala**^{2,3} & **Lucienne Wilmé**⁴

¹Field Museum of Natural History, 1400 South Lake Shore Drive, Chicago 60605, USA
E-mail : sgoodman@vahatra.mg, sgoodman@fieldmuseum.org

²Vahatra, BP 3972, Antananarivo 101, Madagascar
E-mail : jraherilalao@vahatra.mg, araselimanana@vahatra.mg, jo_ralison@yahoo.fr, vsoarimalala@vahatra.mg

³Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences, BP 906, Université d'Antananarivo, Antananarivo 101, Madagascar

⁴Missouri Botanical Garden, Madagascar Research & Conservation Program, BP 3391, Antananarivo 101, Madagascar
Email : lucienne.wilme@orange.fr

Contexte

Les dernières décennies ont vu nos connaissances des biotes de Madagascar faire des progrès remarquables et plus particulièrement suite aux résultats d'inventaires biologiques et à l'étude de spécimens récoltés au cours de ces travaux. Ces réalisations nous ont permis d'élaborer de nouvelles perspectives en matière d'évolution de nombreux organismes, y compris l'interprétation de leurs histoires de colonisation et de spéciation ; mais aussi la description de centaines de nouveaux organismes pour la science qui a souvent été accompagnée de révisions pertinentes sur les limites de distribution des espèces ; et encore des informations détaillées sur les distributions géographiques qui en retour nous ont permis d'appréhender les statuts de protection relatifs aux organismes concernés ou l'importance en matière de protection de la nature d'une région donnée. Ces études ont été réalisées à l'intérieur des limites des parcs et réserves aussi bien que dans des régions ne disposant d'aucune protection légale, ce qui nous permet de disposer d'informations pertinentes sur les aires prioritaires à considérer dans le cadre de l'extension du système des aires protégées de Madagascar. Ce dernier aspect est devenu d'autant plus important fin 2003 lorsque le Président de Madagascar, Marc Ravalomanana, annonçait la « vision Durban » consistant à porter la proportion de la surface des aires protégées de l'île à

près de 10 %. Compte tenu des contraintes de temps et de ressources, les décisions reposent sur des priorités ainsi que des données récentes provenant d'inventaires biologiques et des informations relatives aux distributions, y compris sur les sites présentés dans cette monographie, qui sont d'une importance capitale à cet égard (voir Chapitre 9). Par ailleurs, les interprétations de ces données ont été importantes dans les plans de mise en œuvre et de gestion ou encore dans les programmes de suivi écologique.

En considérant à la fois les informations historiques et les inventaires biologiques récents, il apparaît nettement que les forêts humides du versant oriental ont reçu bien plus d'attention que les forêts sèches qui sont surtout distribuées sur le versant occidental. Pourtant, ce déséquilibre peut sembler paradoxal, car l'ouest montre des niveaux d'hétérogénéité biotique bien plus élevés et qui sont liés à des composantes géologiques ou météorologiques plus variables, à des fleuves qui joueraient le rôle de barrières de dispersion pour les organismes (Martin, 1972, 2000 ; Goodman & Ganzhorn, 2004a, 2004b ; Louis *et al.*, 2006 ; Olivier *et al.*, 2007) mais nous devons aussi reconnaître que les forêts sèches subissent des pressions anthropiques considérables et qu'elles sont bien plus fragmentées que les forêts humides (Harper *et al.*, 2007) en même temps que les formations sylvicoles sèches du sud-ouest et du sud sont les moins bien représentées dans le système actuel des aires protégées (Parc nationaux Madagascar, 2003).

Il existe de nombreux blocs de forêts occidentales pour lesquels peu ou pas d'information est disponible sur les vertébrés terrestres qu'ils abritent. Dans le cadre de ce projet, qui est décrit ci-dessous (voir « L'équipe d'inventaire ») une série d'inventaires biologiques a été réalisée entre les années 2004 et 2007 pour combler une partie de ces lacunes. Ces données servent notamment à compléter nos connaissances sur la faune de la région afin d'affiner nos estimations de la richesse spécifique ou des distributions biogéographiques, qui en retour nous permettront de mieux aborder les priorités en matière de protection de la nature. Dans la présente monographie, des résultats sont présentés sur 19 sites de forêts sèches qui ont été inventoriés pour les reptiles, les amphibiens, les oiseaux, les micro-mammifères et les lémuriers, et ces informations sont

complétées par d'autres données originales sur ces mêmes animaux dans des blocs forestiers distincts du versant occidental de l'île.

Les informations portant sur le versant ouest de Madagascar seraient plutôt fragmentaires qu'inexistantes mais elles pêchent surtout quant à l'homogénéité aussi bien par rapport aux méthodes qu'aux saisons au cours desquels les inventaires ont été menés. Depuis plusieurs années, nous disposons d'informations standardisées et obtenues en suivant un protocole de piégeage et des méthodes homogènes sur l'ensemble du gradient altitudinal et latitudinal du versant oriental de Madagascar. Disposer de ce type d'information est primordial pour conduire des analyses et comparer les sites entre eux mais les versants longitudinalement opposés de Madagascar ne le sont pas à tous les points de vue, et pouvoir disposer d'une vue d'ensemble de la biodiversité sur l'ensemble du territoire, du nord au sud et de l'est à l'ouest est d'une importance capitale et décisive pour tenter de comprendre la biogéographie et la chorologie de Madagascar.

L'équipe d'inventaire

Au début des années 1990, le Fonds Mondial pour la Nature (WWF) de Madagascar démarrait un projet pour former les jeunes étudiants universitaires dans le domaine de la biologie de conservation. Le but poursuivi consistait à aider les biologistes de Madagascar dévoués à la recherche en leur donnant les moyens d'interpréter les données biologiques pour leur permettre de guider leur pays dans les divers aspects de la biologie de terrain et de conservation, et simultanément accroître les connaissances sur les biotes forestiers les plus mal connus de l'île en procédant à des inventaires biologiques. Le mandat spécifique de ce projet connu sous l'intitulé « Ecology Training Program » (ETP) consistait d'une part à former des scientifiques malgaches afin de répondre aux demandes de ressources humaines dans le domaine de la biologie, l'écologie, l'éducation à la conservation et la politique liée à la protection de la nature ; d'autre part à fournir des moyens théoriques et pratiques pour procéder à des échanges, de la recherche et des formations destinés à des étudiants malgaches prometteurs ; et enfin à fournir des moyens logistiques, financiers et de suivi pour aider les étudiants dans les domaines liés à la protection de la nature, en collaboration avec les universités locales. L'ETP s'est investi dans un groupe d'étudiants soigneusement choisis en fournissant un soutien à long

terme pour des étudiants universitaires avec un niveau de DEA et de thèse.

RAP-Gasy

Après plus de 10 ans de recherches qui furent relativement intenses, 60 étudiants diplômés dans le cadre de l'ETP et littéralement des centaines de sites inventoriés, une nouvelle étape se profilait pour s'imposer d'elle-même avec les anciens étudiants, à savoir ceux qui avaient progressé dans leur carrière en tant que biologistes de terrain et de la conservation. Avec l'aide financière de la Fondation John D. & Catherine T. MacArthur, un nouveau projet a ainsi été élaboré qui a reçu le nom de « RAP-Gasy » et qui était composé d'une équipe malgache d'inventaire rapide. Ce projet était destiné à doter de moyens financiers et logistiques une équipe de biologistes de terrain malgaches qui avaient fait leur preuve dans la réalisation d'inventaires rapides ainsi que des analyses des données récoltées pour leur permettre de poursuivre leurs études et leur carrière professionnelle dans la science de la biologie de conservation. Les décisions prises dans le cadre de ce projet restaient sous la responsabilité des membres de cette équipe et c'est de cette manière qu'ils ont pu élaborer leur propre programme de recherche sans influence directe de leurs mentors ni d'anciens professeurs universitaires. L'équipe sélectionnée était composée des cinq personnes suivantes :

- 1) Dr. Achille P. Raselimanana – herpétologue et coordinateur de RAP-Gasy,
- 2) Dr. Marie Jeanne Raherilalao – ornithologue,
- 3) Dr. Voahangy Soarimalala – mammalogiste,
- 4) M. José Ralison – primatologue,
- 5) M. Rachel Razafindravao (dit Ledada) – responsable logistique.

Pendant une période de trois ans, entre 2004 et 2007, le groupe s'est rendu dans de nombreuses forêts sur l'ensemble de l'île où il a mené des inventaires biologiques. Le programme de recherche avait été conçu de manière à combler les principales lacunes dans nos connaissances sur les vertébrés terrestres des zones de forêts sèches ; pour utiliser les données associées pour avancer sur des questions de recherche spécifiques, y compris sur des analyses biogéographiques plus détaillées ; pour former des étudiants universitaires malgaches et des agents de l'Association Nationale pour la Gestion des Aires Protégées dans le domaine de la biologie de terrain ; et récolter et présenter des informations aux planificateurs de la conservation malgaches

dans un format accessibles, plaisant et utile. Trois étudiants du département de biologie qui avaient été formés dans le cadre de ce projet sont actuellement en train de finaliser la rédaction de leurs mémoires pour terminer un DEA au cours de l'année 2008. Par ailleurs, plusieurs étudiants et scientifiques nationaux et internationaux se sont associés au groupe de RAP-Gasy dans des projets de collaboration sur quelques sites pour lesquels l'équipe RAP-Gasy était seule responsable de l'organisation des inventaires à tous les niveaux. Une monographie a déjà été publiée sur les forêts humides inventoriées par l'équipe de RAP-Gasy (Goodman *et al.*, 2007a) et dans le présent volume, les résultats concernent 19 sites inventoriés par cette même équipe dans les forêts occidentales sèches de l'île.

Les oscillations paléoclimatiques pour expliquer les refuges et les centres d'endémisme façonnés par les caractéristiques des bassins versants des fleuves.

La diversité des climats rencontrés à Madagascar ainsi que la variabilité climatique interannuelle ou encore l'opposition entre versants oriental et occidental ont souvent été évoqués pour appréhender les schémas de distribution des plantes ou des animaux de l'île (ex. Perrier de la Bâthie, 1921 ; Humbert, 1965 ; Cornet, 1974 ; Dewar & Richard, 2007). Si le climat est extrêmement variable d'une région à l'autre de Madagascar, les oscillations climatiques ont surtout été marquées pendant les temps géologiques comme peuvent le montrer les études palynologiques réalisées sur les hautes terres et le sud-ouest de l'île (ex. Burney, 1987a, 1987b, 1993 ; Gasse & van Campo, 1998) au cours des 40 000 dernières années.

Pour comprendre les mécanismes qui ont modelé les schémas de distribution actuels, pour identifier les refuges, les processus de dispersion et les centres d'endémisme, les changements climatiques des dernières glaciations (notamment du Quaternaire mais sans exclure le Tertiaire) ont été considérés. Nous avons commencé par rechercher des refuges d'altitude sur les plus hautes montagnes de Madagascar pour trouver le pendant des hautes montagnes africaines (ex. Brühl, 1997). Si des hautes montagnes de Madagascar avaient ainsi pu jouer un rôle de refuge, nous aurions vraisemblablement pu retrouver des traces dans les distributions actuelles de nombreux taxons qui auraient montré l'existence de refuges sur les hautes montagnes ou des populations disjointes par rapport à ces hautes montagnes (Mayr & O'Hara, 1986 ; Prigogine, 1987).

En Afrique, plusieurs hautes montagnes avaient clairement joué un rôle de refuge et certains auteurs ont montré que la forêt pluviale africaine aurait été réduite à un archipel de forêts dans un océan de zones herbeuses pendant le dernier maximum glaciaire (ex. Leal, 2004 ; deMenocal, 2004). Les schémas de distribution observés en Afrique ne se retrouvent pas à Madagascar mais à cela rien d'étonnant car nous savions tous que Madagascar était 'incomparable'.

Nous pourrions ainsi commencer par rechercher ces hautes montagnes. Humbert (1965) avait délimité un Domaine de Hautes Montagnes pour accommoder la flore particulière rencontrée sur les plus hauts sommets du Tsaratanana, du Marojejy, de l'Andringitra et de l'Andohahela. Cependant aucune montagne de Madagascar n'atteint 3000 m d'altitude et seules trois montagnes culminent à plus de 2500 m d'altitude, à savoir, du nord au sud, le Tsaratanana (Maromokotro 2876 m), l'Ankaratra (Tsiarafajavona 2642 m) et l'Andringitra (Boby 2658 m). De sorte que ces hautes montagnes de Madagascar ont parfois été retenues dans un rôle apparenté à un paléorefuge (Andreone *et al.*, 2005), mais en considérant l'ensemble des distributions actuelles des vertébrés assez bien connus de Madagascar, la localisation de paléorefuges sur les montagnes malgaches ne ressort d'aucune analyse.

Compte tenu des effets orographiques bien documentés sur les versants orientaux et occidentaux de l'île, il semble par contre que les rivières qui prennent leurs sources aux altitudes élevées ont pu maintenir une végétation ripicole pendant les périodes les plus sèches des dernières glaciations. Il semble d'ailleurs que ce même phénomène pourrait expliquer la richesse de certains bassins versants en Afrique (ex. Colyn *et al.*, 1991). En ce qui concerne les oiseaux ou les mammifères sylvoles et endémiques de Madagascar, la très grande majorité des espèces rencontrées dans les forêts sèches de l'ouest et du sud sont toutes représentées dans les ripisylves et généralement avec des populations plus denses.

En partant de ces constats élémentaires, les paléorefuges des périodes sèches auraient ainsi été les forêts ripicoles qui étaient maintenues par les rivières prenant leurs sources aux altitudes élevées, de sorte que les refuges malgaches des maximums glaciaires sont toujours liés aux hautes montagnes mais n'auraient pas été réduits à des îlots de forêts d'altitude mais à des couloirs le long des fleuves qui prennent leur source sur ces montagnes. Lorsque le climat redevenait plus humide, la végétation ripicole s'étendait le long des affluents aux sources de plus

en plus basses en ouvrant des routes de dispersion depuis le cours aux sources les plus élevées jusqu'aux affluents aux sources de plus en plus basses. Les bassins versants de ces fleuves aux sources élevées sont ainsi considérés comme des bassins de retraite lorsque le climat s'assèche et comme des bassins de dispersion lorsque le climat redevient humide.

Les bassins versants coincés entre ces bassins de retraite-dispersion dont les fleuves prennent leurs sources à des altitudes plus basses s'isolent ainsi au cours des périodes sèches et voient leur habitat ripicole se réduire au fur et à mesure que le climat et les cours d'eau s'assèchent. Ces bassins sont d'autant plus isolés et d'autant plus secs que les sources de leurs fleuves sont basses (Wilmé *et al.*, 2006).

De sorte que les forêts ripicoles et les autres formations naturelles qui se développent le long des cours d'eau ont été d'une importance capitale dans l'histoire de la faune et de la flore de Madagascar au cours des dernières glaciations. La diversité de ces habitats ripicoles va des plus petits refuges côtiers éphémères des rivières qui ont des sources à basse altitude et qui seront inclus dans les centres d'endémisme jusqu'aux refuges permanents sur les bassins moyens des fleuves qui prennent leurs sources aux altitudes les plus hautes et qui deviendront les routes de retraite et de dispersion. Un refuge ripicole est ainsi maintenu d'autant plus longtemps que les sources de la rivière qu'il borde sont élevées et inversement. Les centres d'endémisme sont donc d'autant plus isolés et d'autant plus secs que les sources de leurs fleuves sont basses (Figure 1-1).

Les schémas de distribution de nombreux taxons trouvent une explication dans ce schéma, comme de nombreux lémuriers diurnes ou nocturnes mais aussi les oiseaux comme nous le verrons dans cette monographie.

Histoire de la colonisation et changements de l'environnement et de la faune au cours des temps géologiques récents

Dans la mesure où Madagascar a été séparée du continent africain il y a environ 160 millions d'années et complètement isolée dans l'océan Indien depuis plus de 90 millions d'années (de Wit, 2003), à savoir des périodes dans l'histoire géologique antérieures à l'évolution des groupes de vertébrés qui sont actuellement connus de Madagascar (ex. Poux *et al.*, 2005 ; Masters *et al.*, 2006), il est difficile d'imaginer par quels moyens les animaux non volants sont arrivés sur l'île, de sorte que l'hypothèse généralement retenue admet que des animaux auraient navigué

sur des îlots de végétation flottante. Ce qui ressort par contre, comme c'est le cas dans la composition de la faune mammalienne moderne, est qu'une colonisation réussie était un événement extrêmement rare. L'ensemble des quatre groupes de mammifères terrestres actuels (les primates, les rongeurs, les tenrecs et les carnivores) représentés par plus de 110 espèces et qui sont monophylétiques à Madagascar (Goodman *et al.*, 2008) trouvent leur origine dans seulement quatre événements de colonisation. Savoir comment ces animaux ont pu coloniser Madagascar et être à l'origine de l'étonnante diversité des mammifères endémiques a été considéré comme étant « l'un des plus grands mystères non résolus de l'histoire naturelle » (Krause *et al.*, 1997, notre traduction).

Il est important de souligner que la reconstruction des paléoenvironnements et de l'histoire de la colonisation et des changements écologiques au cours du temps sont liés aux données fossiles sur les plantes et les animaux. A cet effet, la situation à Madagascar est quelque peu équivoque avec des collections fossiles importantes du Mésozoïque, les reptiles constituant un bon exemple (Krause *et al.*, 2003) suivi d'un hiatus depuis le Cénozoïque jusqu'au Pléistocène récent, soit pendant 60 millions d'années. Il nous faut souligner ici que d'après les données fossiles connues de l'ensemble de la planète, il s'agit justement de la période au cours de laquelle de nombreux groupes modernes d'animaux avaient évolué. De nouveaux éléments de la fin du Crétacé montrent aussi que la faune ancienne est sans relation aucune avec la faune actuelle comme dans le cas d'un amphibien du Crétacé Inférieur aux affinités américaines (Evans *et al.*, 2008). De sorte que l'absence de toute information fossile de Madagascar pendant la quasi-totalité de cette période est une source de problème pour comprendre la séquence des événements liés, par exemple, à la colonisation par-dessus les mers des vertébrés terrestres puis l'histoire de leur évolution sur l'île.

Les données fossiles de l'île sont cependant assez riches en ce qui concerne les pollens et les squelettes d'animaux des temps géologiques récents, plus spécifiquement du Pléistocène récent et de l'Holocène, ce qui nous permet d'appréhender les changements de l'environnement naturel qui ont eu lieu après la colonisation de l'île par l'homme il y a près de 2300 ans (Burney *et al.*, 2004 ; Perez *et al.*, 2005). Les événements historiques de cette période qui sont liés à des cycles naturels de changement climatique et de changements anthropogéniques

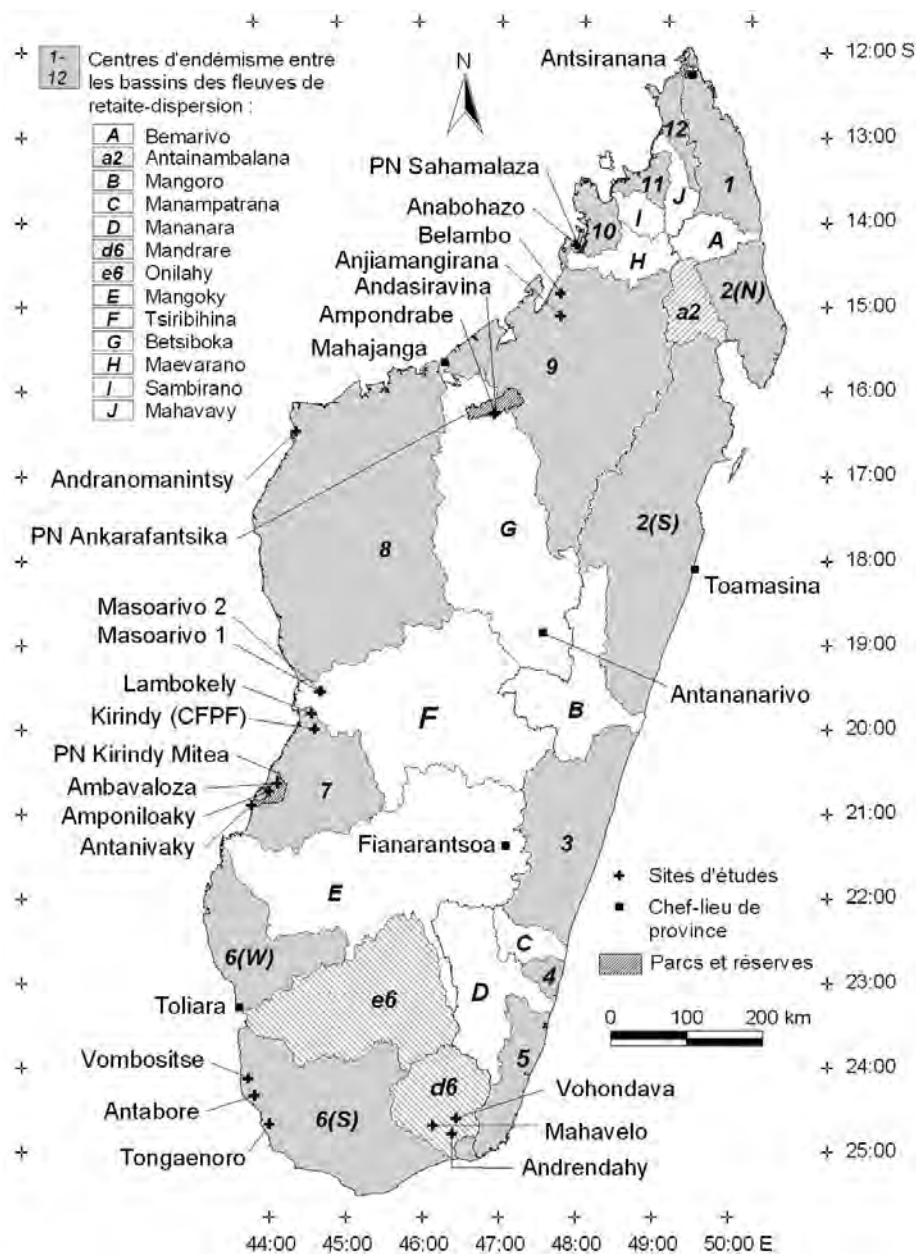


Figure 1-1. Carte montrant les centres d'endémisme et les bassins des fleuves (bassins de retraite-dispersion) selon Wilmé *et al.* (2006) ainsi que les 19 sites d'étude présentés dans la présente monographie.

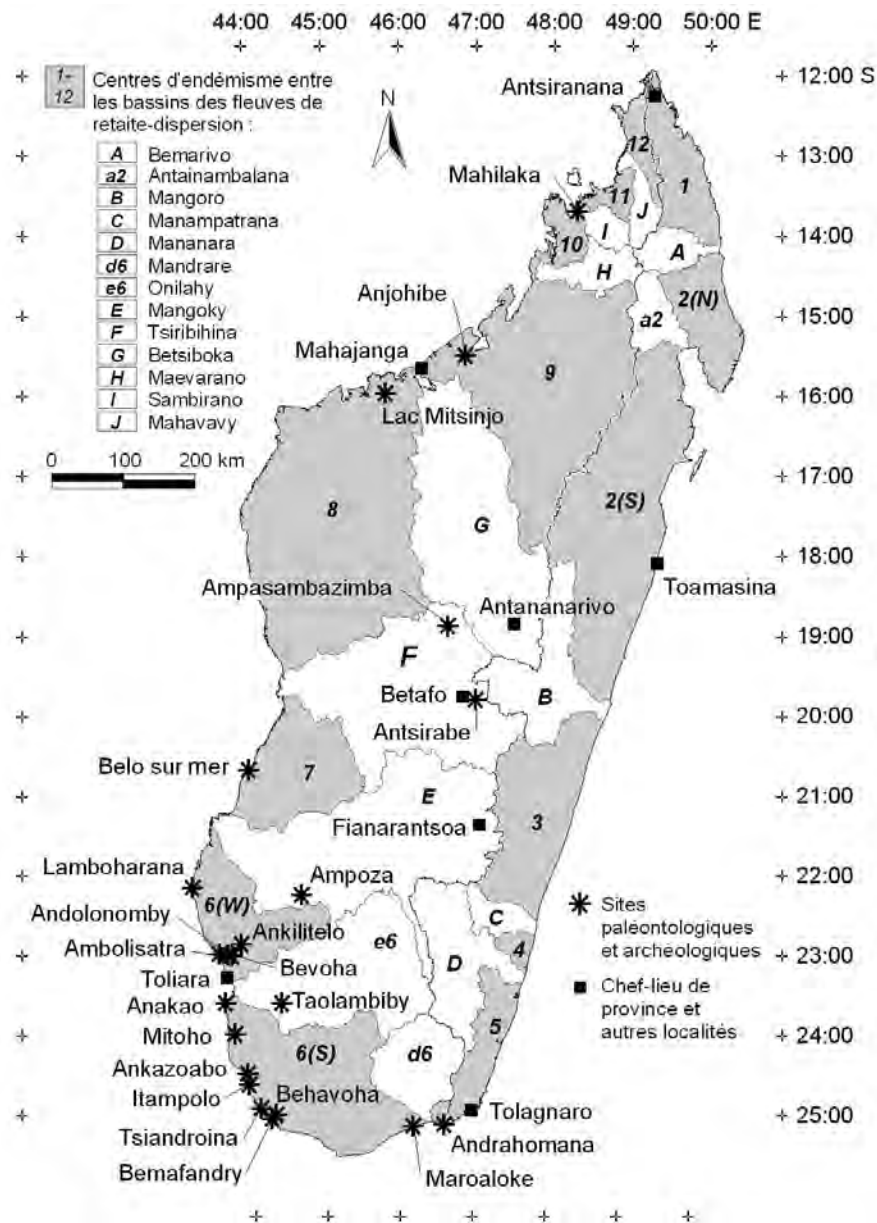
sont présentés dans le Tableau 1-1. Sur la base de carbone trouvé dans les dépôts de pollens, il apparaît clairement que le feu à Madagascar était un élément naturel avant l'arrivée de l'homme sur l'île et qu'il était vraisemblablement lié aux orages et à la foudre (Burney, 1987a ; Matsumoto & Burney, 1994). Par contre, on remarque que ce régime naturel des feux change de proportion au fur et à mesure que l'homme colonise les différentes régions de l'île en augmentant en fréquence et en volume.

Ce que nous voudrions souligner ici est le grand changement qui a été opéré dans l'environnement, les habitats et la composition faunique de l'île au cours des temps géologiques récents. Sur la base des données paléoenvironnementales, qui sont

assez limitées, les différentes régions de forêts sèches présentées dans cette monographie forment une espèce de cline par rapport au degré et à l'impact du changement environnemental de l'Holocène avec des changements climatiques qu'on remarque plus du nord au sud. Dans les sections suivantes, les aspects des changements environnementaux de l'île au cours des périodes géologiques récentes seront résumés et porteront sur des informations paléontologiques (pollens et ossements subfossiles) et archéologiques (aspects culturels et traces physiques) (Figure 1-2). Dans d'autres chapitres, de plus amples détails sont apportés sur l'histoire des oiseaux subfossiles (Chapitre 4), des petits mammifères fossiles (Chapitre 5) et des lémuriens fossiles (Chapitre 6).

Tableau 1-1. Événements chronologiques de la préhistoire récente de Madagascar et plus particulièrement ceux portant sur les actuelles forêts sèches de l'ouest (modifié d'après Burney *et al.*, 2004).

Période	Événements
>40 000-20 000 BP	Conditions glaciaires complètes, les hautes terres du centre sont dominées par un fourré éricoïde. Températures moyennes >4°C plus froides qu'aujourd'hui. Aridité maximum relevée lors du Dernier Maximum Glaciaire.
17 000 BP	Déglaciation marquée par un réchauffement.
9800 BP	Une végétation de type Holocène, vraisemblablement une mosaïque de zones arborées plus ou moins ouvertes remplace la végétation du Pléistocène sur les hautes terres.
ca. 5000 BP	Le niveau de la mer atteint approximativement le niveau actuel.
ca. 4000 BP	Aridification du climat dans le SW qui se poursuit pendant le reste de l'Holocène.
2300 BP (350 BC)	Première preuve de la présence humaine sous la forme d'un os modifié de la mégafaune éteinte et de pollen de <i>Cannabis/Humulus</i> allogène.
230-410 AD	Déclin important des spores de champignons coprophiles dans les sédiments suite à la réduction des densités de la mégafaune. Brusque augmentation de particules de charbon dans les sites du SW, signalant l'augmentation de l'impact anthropogénique sur les paysages locaux.
780-1010 AD	Première preuve indirecte de la prolifération de bétail.
1500 AD	L'explorateur portugais Diego Diaz arrive sur les côtes septentrionales de Madagascar.

**Figure 1-2.** Sites paléontologiques et archéologiques discutés dans la section « Histoire de la colonisation et changements de l'environnement et de la faune au cours des temps géologiques récents ».

La présentation de cette information suit le système détaillé pour les sites inventoriés (voir « Sites inventoriés ») en se conformant à la classification biogéographique de Wilmé *et al.* (2006) présentée ci-dessus (voir « Les oscillations paléoclimatiques pour expliquer les refuges et les centres d'endémisme façonnés par les caractéristiques des bassins versants des fleuves »).

1. Centre d'endémisme -- Nord du bassin versant de la Maevarano et au Sud du bassin versant du Sambirano (CE 10)

L'un des premiers centres urbains connus de Madagascar est le site archéologique de Mahilaka, qui existait il y a 1000-1400 AD (Radimilahy, 1997). A partir de particules de charbon dans et autour de ce village fortifié qui fut occupé par des commerçants islamiques de l'océan Indien, il est clair qu'à l'époque, la forêt de basse altitude de la région du Sambirano perdait du terrain devant les zones herbeuses et cela vraisemblablement à cause des activités de l'homme. Le village fut abandonné au début du XV^e siècle sans que nous puissions trouver d'explication bien que des causes possibles puissent inclure la peste bubonique, le paludisme ou d'autres maladies de cette époque. Des grains de riz ont été extraits des dépôts de Mahilaka qui ont été datés au radiocarbone en indiquant une date de 830 ± 70 BP (AD 1030-1290 ; Radimilahy, 1997).

2. Centre d'endémisme -- Est du bassin versant de la Betsiboka et Sud du bassin versant de la Maevarano (CE 9)

L'un des sites à la fois paléontologiques et archéologiques les plus riches du centre ouest de Madagascar est constitué par le vaste réseau de grottes d'Anjohibe et du réseau proche mais plus modeste d'Anjohikely. Ces grottes ont fait l'objet de nombreuses fouilles dont les résultats ont été résumés par Burney *et al.* (1997). A partir de datations de séries par la méthode uranium de pollens trouvés dans les spéléothèmes des grottes qui indiquent environ 40 000 BP, la région était dominée par une savane herbeuse à palmiers, ce qui semble assez proche de ce que l'on peut actuellement trouver dans la région, bien qu'il y ait eu des fluctuations avec des conditions plus humides (=chaudes) et des périodes plus sèches (=froides).

Les plus vieux subfossiles connus de la grotte sont de chauves-souris qui remontent à 80 000 ans (Samonds, 2007), période à laquelle ce réseau de grottes souterraines devait vraisemblablement

s'ouvrir sur l'extérieur, au moins pour des animaux tels ces chauves-souris qui se contentent de petites entrées et sorties. Des os d'un grand nombre d'animaux éteints ont été trouvés dans la grotte qui appartenaient à des chauves souris mais aussi à des oiseaux, des primates, des hippopotames ainsi qu'à une espèce de pseudo-édenté énigmatique, le fameux *Plesiorcycteropus* (Goodman & Ravoavy, 1993 ; MacPhee, 1994 ; Burney *et al.*, 1997 ; Samonds, 2007). Plusieurs datations au radiocarbone sont disponibles pour ces restes subfossiles (Tableau 1-2), y compris une datation de fèces d'un animal qui pourrait être un *Archaeolemur* à AD 1040-1290. Les premières preuves archéologiques de présence humaine dans cette région de Madagascar viennent d'une période comprise entre le XI^e siècle et le XIV^e siècle (Wright *et al.*, 1996). Une partie assez importante de ce centre d'endémisme présente des formations calcaires avec des *tsingy* qui abritent de nombreuses grottes dont plusieurs ont révélé des restes subfossiles et d'autres qui ont été étudiées récemment (ex. Gommery *et al.*, 1998, 2003).

Tableau 1-2. Datations au radiocarbone disponibles pour les ossements d'animaux des grottes d'Anjohibe et d'Anjohikely (d'après Burney *et al.*, 2004).

Animal	Age BP $\pm 1\sigma$	Ecart calibré $\pm 2\sigma$
Aves		
Coquilles de <i>Mullerornis</i>	2380 ± 70	2720—2320 BP
Chiroptera		
<i>Eidolon dupreanum</i>	330 ± 70	1430—1800 AD
Primata		
<i>Archaeolemur cf. edwardsi</i>	7790 ± 70	8740--8410 BP
<i>Archaeolemur cf. edwardsi</i>	2060 ± 70	350 BC – 80 AD
<i>cf. Archaeolemur (crotte)</i>	830 ± 60	1040—1290 AD
Artiodactyla		
<i>Hippopotamus cf. lemerlei</i>	5300 ± 60	6270—5920 BP
<i>Hippopotamus cf. lemerlei</i>	3730 ± 70	4280—3880 BP

3. Bassin versant de la Betsiboka (BVRD G)

Nous ne connaissons aucun site paléontologique ou archéologique de la partie inférieure de ce bassin versant de retraite-dispersal. Il existe par ailleurs un certain nombre de sites archéologiques sur l'ensemble du bassin dont le plus ancien semble dater du VII^e ou VIII^e siècle (Wright *et al.*, 1992) mais dans la mesure où les conclusions sur d'éventuels changements biotiques et écologiques liés à ces sites ne sont pas directement associés aux régions inventoriées de la partie basse de ce bassin versant, nous ne les aborderons pas ici.

4. Centre d'endémisme -- Nord du bassin versant de la Tsiribihina et Ouest du bassin versant de la Betsiboka (CE 8)

Matsumoto & Burney (1994) ont étudié des carottes sédimentaires de pollens prélevés au lac Mitsinjo qui est un grand système lacustre d'eau douce au sein de ce centre d'endémisme, desquelles ils ont obtenu des informations sur les changements écologiques sur près de quatre millénaires. Il y a environ 3500 ans jusqu'à ce que le lac s'assèche vers environ 1200 ans, la région abritait une mosaïque de forêt sèche et de zones herbeuses. Ensuite, il y a environ 1000 à 500 ans, suite aux dérangements probablement causés par l'homme, la région a été transformée en une savane herbeuse. Ultérieurement et aujourd'hui encore, la région est dominée par une formation herbeuse avec des éléments ligneux adaptés aux feux. L'eutrophisation du lac a commencé il y a près d'un siècle et de fait, dans cet endroit des changements et des pressions d'ordre naturel et anthropogénique (Burney, 1999) sont conjointement responsables d'importants changements écologiques qui ont eu lieu sur une courte période.

5. Bassin versant de la Tsiribihina (BVRD F)

Dans la partie inférieure de ce bassin versant de retraite-dispersion, nous ne connaissons aucun site paléontologique ou archéologique qui aurait pu contenir des informations pertinentes nous permettant de comprendre les changements récents des paléoenvironnements de la région. Cependant sur les hautes terres de ce bassin de Betafo, près d'Antsirabe, un certain nombre de sites subfossiles sont connus qui ont révélé des restes de plusieurs taxons éteints (ex. MacPhee, 1994 ; Godfrey *et al.*, 1999 ; Goodman, 1994, 1999 ; Godfrey & Jungers, 2002 ; Goodman *et al.*, 2004) et des données palynologiques ont permis d'interpréter les changements des paléoenvironnements (Burney, 1987b ; Straka, 1996 ; Gasse & van Campo, 1998). Ces dépôts qui ont révélé de nombreux restes subfossiles d'un ensemble important de taxons éteints permettent d'appréhender une séquence chronologique, un niveau d'extinction et les changements écologiques qui ont eu lieu au cours des derniers millénaires. A titre d'exemple, les fouilles d'Ampasambazimba ont révélé des restes subfossiles d'*Archaeoindris fontoynontii*, le plus grand lémurien subfossile éteint dont le poids avoisinait 160 kg (Jungers *et al.*, 2007), qui a été daté au radiocarbone à 2291 ± 55 BP (Burney *et al.*, 2004).

6. Centre d'endémisme -- Nord du bassin versant du Mangoky et Sud du bassin versant de la Tsiribihina (CE 7)

Burney et ses collaborateurs ont procédé à des fouilles dans un site subfossile riche à Ankilibehandry près de Belo sur mer, qui contenait des squelettes d'une longue période de l'Holocène (Burney, 1999). Parmi ces restes, on trouve des preuves d'une pression de chasse et d'autres impacts des hommes sur une période de près de mille ans. La présence d'une occupation humaine dans la région a été notée à partir de 1830 ± 60 BP et plusieurs sites archéologiques sur les dunes des régions côtières ont révélé des éclats de poteries associés à des coquilles d'œufs d'*Aepyornis* et de *Mullerornis*. On ignore si ces éléments traduisent une prédation directe sur un nid de ces oiseaux géants ou si les œufs étaient historiquement utilisés comme des conteneurs par les premiers occupants de la région. Les échantillons de pollen semblent indiquer que la flore locale aurait peu changé au cours des deux derniers millénaires de sorte que les changements de l'environnement suite à une aridification éventuelle dans ce centre d'endémisme serait moins prononcé ici que dans le centre d'endémisme ci-dessous. A partir des datations au radiocarbone, il apparaît que plusieurs taxons éteints avaient survécu ici jusqu'à des temps relativement récents (Tableau 1-3) ; parmi ces restes on retrouve le dernier matériel daté portant sur les lémuriens éteints *Hadropithecus stenognathus* (444-772 AD) et *Pachylemur insignis* (715-985 AD). De plus, des histoires contées localement dans la région de Belo sur mer portent sur des animaux éteints dont un grand lémurien et un hippopotame nain

Tableau 1-3. Datations au radiocarbone disponibles pour les ossements d'animaux obtenus à Belo sur mer (d'après Burney *et al.*, 2004).

Animal	Age BP $\pm 1\sigma$	Ecart calibré $\pm 2\sigma$
Aves		
cf. <i>Mullerornis</i>	1280 \pm 60	650—890 AD
<i>Aepyornis</i> cf. <i>maximus</i>	1830 \pm 60	60—350 AD
Primata		
<i>Archaeolemur</i> sp.	1550 \pm 50	435—650 AD
<i>Archaeolemur majori</i>	1650 \pm 50	370--575 AD
<i>Archaeolemur majori</i>	2050 \pm 60	165 BC – 120 AD
<i>Archaeolemur</i> cf. <i>majori</i>	1370 \pm 40	650--780 AD
<i>Hadropithecus stenognathus</i>	1413 \pm 80	444--772 AD
<i>Megaladapis madagascariensis</i>	2140 \pm 50	2320--1990 BP
<i>Mesopropithecus globiceps</i>	1866 \pm 45	58—247 AD
<i>Pachylemur insignis</i>	1220 \pm 50	715--985 AD
<i>Pachylemur insignis</i>	2000 \pm 50	45 BC – 145 AD
<i>Palaeopropithecus ingens</i>	2008 \pm 90	2292--1729 BP

qui auraient survécu jusqu'à des temps historiques relativement récents (Burney & Ramilisonina, 1998) et des observations qui auraient été faites jusqu'en 1976. Le fait qui est cependant avéré est que le site de Belo sur mer montre que l'extinction de sa mégafaune a été un processus lent qui s'est globalement déroulé de manière contemporaine sur plusieurs siècles avec l'occupation humaine dans la région.

7. Centre d'endémisme -- Sud du bassin versant de l'Onilahy et Ouest du bassin versant de la Mandrare (CE 6S)

Afin de présenter une reconstruction globale des changements qui ont eu lieu au cours des temps géologiques récents dans la partie méridionale de Madagascar, nous combinons ici les informations des centres d'endémisme 6S et du bassin versant du Mandrare. Un grand nombre de sites subfossiles sont connus de cette région depuis les grottes, anciens marécages jusqu'aux dunes côtières. Les éléments obtenus des fouilles ont été relativement importants pour comprendre l'étendu des changements naturels et anthropogéniques qui ont eu lieu dans la région au cours des derniers millénaires. Il a été largement reconnu que les extinctions récentes étaient liées aux plus grands membres de la faune fossile (Aepyornithidae, hippopotames, lémurins et tortues géantes). Cependant cette conclusion pourrait en quelques sortes être, au moins partiellement, un artefact des premières techniques de fouilles paléontologiques qui ne conservaient pas le matériel ostéologique des petits mammifères. Par exemple, des fouilles récentes réalisées dans la grotte d'Andrahomana ont permis de récupérer des crânes d'une espèce éteinte de *Microgale* (Goodman *et al.*, 2007).

Burney (1993) a analysé une carotte prise à Andolonomy, lac hypersalin au nord de Toliara dans la partie méridionale de la forêt des Mikea. Cet échantillon qui représentait environ 5 000 ans d'histoire stratigraphique, a révélé des changements dans la représentation des pollens et de la fréquence de charbon dans le temps qui ont permis d'appréhender les changements naturels et anthropogéniques de l'environnement. Le type de forêt limitrophe du lac tel qu'il est indiqué dans la partie basse de l'échantillon montrait surtout une végétation arborée typique des habitats plus humides des basses altitudes du centre ouest de Madagascar. Vers 3000 ans BP, on note un changement net dans les types de pollens, caractéristique d'une période d'aridification et pour les 100 ans suivants, les

conditions s'assèchent encore. Vers 1900 BP, une augmentation substantielle de charbon et de types de pollen indiquent une augmentation notable de la dégradation qui pourrait être liée à l'occupation humaine dans la région. Ce signal d'une présence de l'homme est largement synchrone avec d'autres preuves de pressions anthropogéniques dans le paysage ; un os d'hippopotame trouvé dans le site et daté au radiocarbone à 1970 ± 50 BP (Tableau 1-5) montre une marque faite par un couteau signalant que la viande de l'animal a été récupérée par des hommes (MacPhee & Burney, 1991 ; Burney *et al.*, 2004). Un certain nombre d'autres associations entre les animaux qui vivaient à cette période et leur exploitation par l'homme existent comme, par exemple, un tarse d'*Aepyornis* trouvé à Itampolo et daté au radiocarbone à 1880 ± 70 BP qui a été modifié par l'homme (Burney, 1999 ; Burney *et al.*, 2004).

L'un des aspects qui mérite d'être relevé ici, est que de nombreux animaux subfossiles n'ont pas disparu juste après la période d'aridification ou de perturbation de l'environnement par l'homme ; en effet si ces pressions avaient mené à l'extinction de ces animaux de grande taille, on ne retrouverait pas leurs restes dans les dépôts subfossiles des siècles après. Sur la base d'une série de datations au radiocarbone d'ossements d'animaux récoltés sur ce centre d'endémisme, cela n'est tout simplement pas le cas (Tableau 1-4). Il y a des preuves de la survie de certains de ces animaux jusqu'à des temps récents comme à Ankilitelô avec *Megaladapis edwardsi* qui a vécu au moins jusqu'à 630 ± 50 BP et *Palaeopropithecus ingens* jusqu'à 510 ± 80 BP. (Pour de plus amples renseignements sur ce site, voir Simons *et al.*, 2004 ; Muldoon & Simons, 2007). La date de 630 ± 50 BP remonte ainsi au XIV^e siècle, soit après la période de colonisation européenne de l'île et peut ainsi donner un certain crédit aux dires rapportés par Etienne de Flacourt, qui était basé à Fort Dauphin (actuellement connue comme Tolagnaro) au cours de la seconde moitié du 17^e siècle, en ayant été le représentant de la Compagnie des Indes Orientales française. Flacourt publiait en 1658 (édition annotée réimprimée en 1995, p. 221) la description du *Tretretre* ou *Tratratra* :

« C'est un animal grand comme un veau de deux ans qui a la tête ronde et une face d'homme, les pieds de devant comme un singe et les pieds de derrière aussi. Il a le poil frisotté, la queue courte et les oreilles comme celles d'un homme... C'est un animal fort solitaire, les gens du pays en ont grand peur et s'enfuient à sa vue tout comme lui aussi d'eux. »

Le schéma d'une nette aridification révélé par le prélèvement d'Andolonomy se retrouve sur l'ensemble des zones de basse altitude du centre d'endémisme 6, depuis la forêt de Mikea au sud du fleuve Mangoky puis vers le sud au cœur du fourré épineux du plateau Mahafaly jusqu'aux piémonts

occidentaux des montagnes de la chaîne Anosyenne à l'ouest de Tolagnaro (ex. MacPhee, 1986 ; Goodman & Rakotozafy, 1997 ; Burney *et al.*, sous presse). Si on peut noter une légère différence dans la synchronisation de certains événements, les modèles montrent cependant les mêmes caractéristiques sur

Tableau 1-4. Datations au radiocarbone disponibles pour les ossements d'animaux de l'extrême sud de Madagascar et du Centre d'endémisme au sud du bassin versant du Mangoky (CE 6) à partir d'informations extraites de Burney *et al.* (2004) et de données complémentaires de Goodman *et al.* (2006).

Animal	Age $\pm 1\sigma$	Ecart calibré $\pm 2\sigma$	Site
Reptilia			
"Os de tortue"	2290 \pm 90 BP	2700—2100 BP	Taolambiby
<i>Geochelone</i> sp.	2160 \pm 110 BP	410 BC -- 70 AD	Behavoaha
<i>Geochelone</i> sp.	2060 \pm 150 BP	400 BC -- 250 AD	Bemafandry
<i>Geochelone grandidieri</i>	1250 \pm 50 BP	670—890 AD	near Nossi Be´
<i>Geochelone abrupta</i>	2035 \pm 35 BP	160 BC -- 50 AD	Ampoza
<i>Geochelone abrupta</i>	750 \pm 370 BP	580--1960 AD	"Amboulitsate"
Aves			
<i>Aepyornis</i> coquille	5210 \pm 140 BP	6290--5640 BP	Toliara (Belande)
<i>Aepyornithidae</i> coquille	4030 \pm 70 BP	4810—4300 BP	Grotte de Mitoho
<i>Aepyornis</i> coquille	3960 \pm 150 BP	4840--3980 BP	Anakao
<i>Aepyornis</i> coquille	2930 \pm 85 BP	3340—2860 BP	southern Madagascar
<i>Aepyornis</i> coquille	2775 \pm 95 BP	3160--2740 BP	Anakao
<i>Aepyornis</i> coquille	2375 \pm 100 BP	2740--2150 BP	Anakao
<i>Aepyornis</i> coquille	2285 \pm 40 BP	2350--2160 BP	Maroaloke
<i>Aepyornis</i> coquille	1415 \pm 40 BP	570--670 AD	Maroaloke
<i>Aepyornis</i> coquille	1000 \pm 150 BP	690--1290 AD	50 km WSW de Tolagnaro
<i>Aepyornis</i> os (modifié par l'homme)	1880 \pm 70 BP	30 BC – 320 AD	Itampolo
<i>Coua primavea</i>	1980 \pm 60 BP	110 BC – 130 AD	Tsiandroina
Primata			
<i>Hadropithecus stenognathus</i>	6724 \pm 54 BP	7660--7490 BP	Andrahomana
<i>Megaladapis</i> sp.	4566 \pm 35 BP	5436--5059 BP	Andrahomana
<i>Megaladapis</i> sp.	1815 \pm 60 BP	27--412 AD	Bevoaha
<i>Megaladapis edwardsi</i>	630 \pm 50 BP	1280--1420 AD	Ankilitelo
<i>Megaladapis madagascariensis</i>	2713 \pm 44 BP	2870--2760 BP	Taolambiby
<i>Mesopropithecus globiceps</i>	2148 \pm 35 BP	354--60 BC	Ankazoabo
<i>Mesopropithecus globiceps</i>	1694 \pm 40 BP	245--429 AD	Tsiandroina
<i>Palaeopropithecus ingens</i>	2325 \pm 43 BP	2366--2345 BP	Taolambiby
<i>Palaeopropithecus ingens</i>	1269 \pm 80 BP	640--946 AD	Ankazoabo
<i>Palaeopropithecus ingens</i>	510 \pm 80 AD	1300--1620 AD	Ankilitelo
<i>Palaeopropithecus</i> cf. <i>ingens</i>	2285 \pm 40 BP	2350--2160 BP	Ampoza
Artiodactyla			
<i>Hippopotamus</i> sp.	3495 \pm 55 BP	--	Lamboharana
<i>Hippopotamus</i> sp.	2760 \pm 60 BP	2980--2760 BP	Ampoza
<i>Hippopotamus</i> sp.	2370 \pm 50 BP	2700--2330 BP	Ampoza
<i>Hippopotamus</i> sp.	2020 \pm 300 BP	805 BC—640 AD	Lamboharana
<i>Hippopotamus</i> sp. (modifié par l'homme)	1970 \pm 50 BP	60 BC -- 130 AD	Ambolisatra/Andolonomy
<i>Hippopotamus</i> sp.	980 \pm 200 BP	AD 660--1400	Itampolo
<i>Hippopotamus lemerlei</i>	2517 \pm 40 BP	BP 2747--2372	Ampoza
<i>Hippopotamus lemerlei</i>	1740 \pm 50 BP	AD 155--415	Lamboharana
Rodentia			
<i>Hypogeomys antimena</i>	1350 \pm 60 BP	620--770 AD	Ampoza
<i>Hypogeomys australis</i>	4440 \pm 60 BP	5640—4420 BP	Andrahomana
<i>Hypogeomys australis</i>	1536 \pm 35 BP	428—618 AD	Andrahomana
<i>Macrotarsomys petteri</i>	2480 \pm 40 BP	790--410 BC	Andrahomana
<i>Macrotarsomys petteri</i>	1760 \pm 40 BP	150--390 AD	Andrahomana

l'ensemble de la région (Burney, 1997, 1999). Compte tenu de ces éléments, nous devons nous demander si le remplacement des espèces est significatif entre les biotes subfossiles et les biotes actuels ?

Cette question peut au moins trouver une réponse partielle dans les ossements et les pollens subfossiles. Dans les travaux publiés en 1993 par Burney sur différents types de pollens trouvés dans le prélèvement d'Andolonomy, le genre *Didieria* (Didiereaceae) qui est un genre actuel caractéristique du sud-ouest de Madagascar, était présent pendant toute la période de 5000 ans mais sans représenter un pourcentage significatif de l'ensemble des taxons récoltés avant la période d'aridification vers 3000 BP. Récemment, une espèce de rongeur actuel, *Macrotarsomys petteri*, a été décrite à partir d'un seul spécimen récolté dans la forêt de Mikea après d'intenses efforts d'inventaires fauniques (Goodman & Soarimalala, 2005). Des restes de squelette de cette espèce ont été récupérés dans la grotte d'Andrahomana sur le bord oriental de ce centre d'endémisme (Goodman *et al.*, 2006) qui ont révélé une datation au radiocarbone de 2480 ± 40 BP et 1760 ± 40 (Tableau 1-4). Par conséquent et étant donné que de nombreux inventaires de petits mammifères ont été réalisés sur l'ensemble de cette partie méridionale de Madagascar, la découverte d'une trace de cet animal dans le sud-est semble indiquer une réduction importante et récente de son aire de distribution. D'autres parallèles peuvent être trouvés au sein des mammifères malgaches actuels qui montrent des réductions d'aire de distribution similaire à celle relevée pour *M. petteri* au cours des quelques derniers milliers d'années. Le rongeur endémique *Hypogeomys antimena*, qui atteint un poids à l'âge adulte de plus de 1 kg, avait une aire de distribution plus étendue dans le sud-ouest de Madagascar (Goodman & Rakotondravony, 1996). La seule population que nous connaissions actuellement de cette espèce est rencontrée dans la région du Menabe près de Morondava et cette espèce est menacée d'extinction (Sommer *et al.*, 2002). Du matériel subfossile de cette espèce récolté à Ampoza a été daté au radiocarbone à 1350 ± 60 BP (Tableau 1-4). Une deuxième espèce dans ce genre, *H. australis* qui est plus grande que *H. antimena*, a été relevé dans la grotte d'Andrahomana, mais cette dernière est actuellement éteinte (Goodman & Rakotondravony, 1996 ; Burney *et al.*, sous presse), et les datations au radiocarbone pour ce taxon ont donné 4440 ± 60 BP et 1536 ± 35 BP (Tableau 1-4). Ces données indiquent que les deux espèces d'*Hypogeomys* étaient

distribuées dans le sud de Madagascar jusqu'à une époque relativement récente.

Sur la base des restes subfossiles, il est clair qu'un changement climatique considérable est intervenu sur la partie méridionale de Madagascar au cours des derniers millénaires, qui a eu un impact important sur le biote régional. La région maintient peu d'habitats humides et les organismes liés à ces anciens habitats ou à des forêts plus humides ont subi ces changements de manière extrême. Certains taxa ont vu leur distribution se réduire et d'autres se sont vraisemblablement adaptés à des conditions climatiques plus sèches ; certains ont pu coloniser la région et étendre leur distribution géographique alors que d'autres ont tout simplement disparu. La recherche paléontologique fournira certainement des informations plus détaillées sur la synchronisation de ces changements et des impacts qu'ils ont eus sur différents composants de la faune et de la flore régionales.

Aspect général de la flore

Les vents du sud-est dérivés de l'Alizé arrivent dans cette région échauffés et desséchés après avoir franchi les reliefs du centre. Ils y induisent une longue saison sèche de sept mois, une précipitation élevée pendant la saison chaude et une sécheresse accentuée au cours de l'hiver. En outre, le gradient de la pluviométrie diminue fortement du moyen ouest vers le sud provoquant une aggravation de l'aridité dans le même sens (Donque, 1975). Ces différents paramètres associés à l'hétérogénéité du substrat déterminent des formations végétales variées et très caractéristiques.

Perrier de la Bâthie (1921) a défini la flore et la végétation de la région sèche malgache en « Flore sous le vent » comprenant les régions occidentale et méridionale. Plus tard, cette classification a été affinée par Humbert (1965) qui a défini cette région sèche en décrivant la région occidentale malgache correspondant au Domaine de l'Ouest et au Domaine du Sud. A l'intérieur du Domaine de l'Ouest, la formation végétale est surtout caractérisée par la forêt sèche caducifoliée tandis que celui du Sud représente notamment le fourré épineux (Humbert, 1965 ; Faramalala, 1995).

La forêt sèche caducifoliée

Selon Humbert (1965) et Koechlin *et al.* (1974), la végétation primaire de cette catégorie est caractérisée par la caducité des feuilles en saison sèche pendant laquelle la végétation entre à l'état de repos et dès

les premières pluies de la saison chaude, le réveil est très rapide. Cette forêt a été classée dans la série à *Dalbergia-Commiphora-Hildegardia* par ces auteurs et sa limite méridionale correspond approximativement au fleuve Mangoky. Cependant, vers l'intérieur des terres et plus particulièrement sur le plateau calcaire à l'est de la forêt des Mikea, la forêt sèche caducifoliée s'étend nettement au sud du Mangoky. La formation a une canopée allant de 10 à 15 m de hauteur mais elle arrive parfois jusqu'à 20 m. Elle apparaît sur différents types de substrats édaphiques, plus particulièrement la formation calcaire (avec des *tsingy* à certains endroits) du Jurassique moyen, les sables non consolidés, les grès et les roches métamorphiques. Dans une classification récente de la végétation de Madagascar (Moat & Smith, 2007), cette formation est largement incluse dans ce que les auteurs appellent la Forêt sèche de l'ouest.

La forêt sèche caducifoliée sur *tsingy* est présente dans les réserves d'Ankarana, d'Analamerana, de Namoroka et de Bemaraha. Ces zones abritent les formes de *tsingy* les plus extraordinaires, certaines étant très lacérées avec d'innombrables pinacles très pointus alors que sur la formation du tertiaire de l'ouest la couverture forestière qui reste est peu importante.

La forêt sèche sur sables non consolidés s'étend le long de la zone côtière de l'ouest à partir du nord de l'île jusqu'au fleuve Mangoky. Les zones forestières les plus vastes se localisent à l'ouest du plateau du Bemaraha et entre Morondava et le fleuve Mangoky.

Les forêts sur grès incluent la forêt d'Ankarafantsika et celle de Zombitse-Vohibasia (Sakaraha). Ces roches ont été fortement érodées donnant une épaisse couche de sols sableux.

Les forêts sèches épineuses et le bush du sud

Les forêts du sud malgache, riche en genres et en espèces propres au Domaine du Sud sont caractérisées par la présence des caractères xérophytiques avec des types biologiques végétaux très particuliers et les essences caractéristiques de cette formation sont les familles des Didiereaceae et des Euphorbiaceae. Dans plusieurs classifications de la végétation de Madagascar, la limite septentrionale du Domaine du Sud correspond au fleuve Mangoky et s'étend jusqu'aux piémonts occidentaux de la chaîne Anosyenne à l'ouest de Tolagnaro (ex. Humbert, 1965). La végétation du sud est divisée en deux catégories suivant le type de substrats incluant la formation sur les roches calcaires du Tertiaire du plateau Mahafaly correspondant aux forêts denses sèches à *Didierea* et

Euphorbiaceae suivant la classification de Faramalala (1988, 1995) et à la végétation caractéristique du Cap Sainte Marie avec les différentes espèces endémiques et les fourrés denses secs sur sables non consolidés. En plus de ces deux grandes catégories s'observent aussi la formation végétale constituée principalement par une galerie forestière sur le grès dans la partie supérieure de la vallée de l'Onilahy, les forêts sur les roches basaltiques dans la région du bassin du Mandrare et celle sur les roches métamorphiques de la parcelle 2 du PN d'Andohahela. De plus, un certain nombre de zones au sein du Domaine du Sud présente une structure distincte qui permet de les distinguer des autres forêts environnantes (ex : Massif d'Analavelona, nord-ouest de Sakaraha), de sorte que la nouvelle classification proposée retient ainsi des zones de Forêt humide de l'ouest (Moat & Smith, 2007). Les forêts et fourrés épineux du sud ont l'un des pourcentages les plus élevés d'endémisme de l'île, ce qui correspond à 90 % des espèces de plantes (Phillipson, 1996).

En matière de phytogéographie classique, la limite septentrionale du Domaine du Sud correspondait approximativement à la limite sud de la portion inférieure du bassin versant du Mangoky (ex : Humbert, 1965). En utilisant un ensemble de données de stations météorologiques mais en considérant également le couvert végétal dans les calculs de l'évapotranspiration, Cornet établit une carte des bioclimats en 1974. Les bioclimats montrent de grands parallèles avec la carte de la végétation d'Humbert, avec une exception notable dans le sud-ouest où Cornet décrit un étage sub-aride qui ferait le parallèle du Domaine du Sud mais Cornet étend un étage sub-aride bien au-delà du bassin du Mangoky pour aller jusqu'au bassin de la Tsiribihina en incluant le Menabe Central. Ultérieurement, en cartographiant plusieurs taxons typiques des régions méridionales de Madagascar, Schatz (2000) a repris la carte des bioclimats de Cornet en la simplifiant au niveau des étages, pour confirmer l'importance d'une extension d'un étage sub-aride pour accommoder la distribution de certains taxons de plantes de Madagascar. Sur la nouvelle carte de la végétation de Madagascar basée sur des données de télédétection et de terrain pour identifier les signatures de la structure de la végétation, deux types principaux de végétation sylvoicole sont rencontrés dans les régions les plus sèches de Madagascar, à savoir la Forêt sèche épineuse du sud-ouest et la Formation buissonnante côtière du sud-ouest (Moat & Smith 2007).

En résumé, suivant les substrats, les sites se répartissent dans trois principaux types de formation végétale : 1) la forêt sèche caducifoliée sur sable de la série à *Dalbergia-Commiphora-Hildegardia* (Anabohazo, Belambo, Anjamangirana, Ampondrabe, Andasiravina, Andranomaninty, Masoarivo 1, Masoarivo 2, Lambokely, Kirindy [CFPF], Ambavaloza, Amponiloaky) ; 2) la forêt sèche de transition entre les forêts sèches caducifoliées et le fourré épineux (Antanivaky) ; et 3) le fourré épineux à Didiereaceae et à Euphorbiaceae qui se subdivise en haut fourré épineux (Vohondava, Mahavelo et Andrendahy) et en bas fourré épineux sur le plateau calcaire (Vombositse, Antabore et Tongaenoro). Mais il arrive qu'au sein de certains sites existe un mélange de forêts, plus particulièrement pour les sites qui se trouvent plus au sud. A Vohondava, en plus du fourré épineux s'installe aussi une forêt galerie le long de la rivière portant le même nom que le site. A Antabore et à Vombositse le haut fourré et le bas fourré forment une mosaïque suivant le substrat de différentes parties des sites.

Aspect général de météorologie

Le versant occidental de Madagascar présente un cline climatique important suivant un gradient latitudinal ; il s'agit d'aspects portant sur la pluviométrie, les températures et l'évapotranspiration. Les facteurs abiotiques associés à d'autres paramètres tels que la nature des sols ont une grande importance sur les biotes qui s'étendent sur cette vaste zone de plus de 1600 km de long. Nous présentons des données de précipitations dans le Tableau 1-5 de stations distribuées sur l'ensemble du versant occidental depuis Antsiranana au nord jusqu'à Androka au sud, puis le long de la côte méridionale vers l'est jusqu'à Tolagnaro (voir Figure 1-3). A l'exception d'Antsiranana qui présente un microclimat lié à sa position sur une presqu'île sous les effets de la Montagne d'Ambre (Donque, 1972), les données montrent une nette diminution des précipitations moyennes annuelles depuis l'extrême nord jusqu'au sud à Androka avec un facteur de l'ordre de 6 entre ces extrêmes. Par contre, le long de la côte sud, depuis Androka en allant vers l'est jusqu'à Ambovombe, on observe une légère augmentation de la pluviométrie qui sera alors plus prononcée sur le versant oriental des montagnes de la chaîne Anosyenne vers Tolagnaro.

D'une année à l'autre, il existe une variation considérable de la pluviométrie totale, variation qui est intimement liée aux passages des cyclones et autres tempêtes tropicales. Dans l'extrême

sud et sud-ouest, dans les régions sub-arides de Madagascar, les précipitations annuelles peuvent varier considérablement. Par exemple, la pluviométrie totale à Itampolo était de 716 mm en 1953 mais de 133 mm en 1959 et celle d'Ampanihy de 380 mm en 1943 mais de 1050 mm en 1952 (Donque, 1975). Des averses soudaines peuvent souvent produire près de la moitié de la pluviométrie annuelle en 24 heures. Donque (1975) a montré que pour des stations à même latitude sur la partie centrale du versant ouest de Madagascar, la station située plus à l'intérieur des terres recevait une pluviométrie plus importante que celle située plus près du littoral, de sorte que les zones côtières sont généralement plus sèches que les régions de l'intérieur. Les sites inventoriés dans le cadre de cette monographie sont localisés sur une bande côtière de faible altitude, de sorte que les variations devaient être latitudinales avec peu d'influence longitudinale.

Tableau 1-5. Variation latitudinale des régimes pluviométriques annuels dans les régions de forêts sèches le long de la côte occidentale depuis l'extrême nord (Antsiranana) jusqu'à l'extrême sud (Androka) puis le long de la côte méridionale vers l'est jusqu'à Tolagnaro (d'après Donque, 1972, 1975 ; Chaperon *et al.*, 1993).

Site	Latitude	Précipitation annuelle (mm)
Antsiranana	12°17'S	1032
Ambanja	13°41'S	2091
Analalava	14°38'S	1645
Mahajanga	15°43'S	1564
Soalala	16°06'S	1210
Besalampy	16°45'S	1253
Maintirano	18°04'S	983
Belo sur Tsiribihina	19°42'S	816
Morondava	20°17'S	754
Belo sur mer	20°44'S	554
Morombe	21°44'S	526
Toliara	23°21'S	342
Anakao	23°38'S	310
Itampolo	24°41'S	357
Androka	25°02'S	350
Faux Cap	25°34'S	377
Ambovombe	25°10'S	575
Tolagnaro	25°01'S	1530

Sites inventoriés (Tableau 1-6, Figure 1-3)

Aspects du format et définitions

A. Zones biogéographiques

Dans notre hiérarchie d'information portant sur les localités présentées ci-dessous, le premier niveau correspond aux régions biogéographiques définies par Wilmé *et al.* (2006) et présentées ci-dessus dans le

Tableau 1-6. Sites inventoriés par l'équipe RAP-Gasy dans les forêts sèches de l'Ouest de Madagascar pour lesquels les détails sont inclus dans la présente monographie. Les centres d'endémismes et les bassins versants de retraite-dispersion délimités ici suivent la classification de Wilmé *et al.* (2006). Les sites en caractères **gras** font partie du système actuel des aires protégées.

Centre d'endémisme (CE) et bassin versant (BV) de retraite-dispersion (RD)	Zone	Nom et numéro des sites	Latitude Sud	Longitude Est	Altitude (m)
Nord du BV de la Maevarano et au Sud du BV du Sambirano (CE 10)	Sahamalaza	Anabohazo (1)	14°18,6'	47°54,9'	120
Est du BV de la Betsiboka et Sud du BV de la Maevarano (CE 9)	Antsohihy	Belambo (2)	14°53,2'	47°43,9'	150
	Anjamangirana	Anjamangirana (3)	15°09,4'	47°44,1'	120
BV de la Betsiboka (BVRD G)	Ankarafantsika	Ampondrabe (4)	16°19,5'	46°55,4'	250
		Andasiravina (5)	16°18,2'	46°55,8'	150
Nord du BV de la Tsiribihina et Ouest du BV de la Betsiboka (CE 8)	Besalampy	Andranomanintsy (6)	16°31,2'	44°29,2'	35
BV de la Tsiribihina (BVRD F)	Masoarivo	Masoarivo 1 (7)	19°36,9'	44°46,1'	110
		Masoarivo 2 (8)	19°36,7'	44°44,6'	120
Nord du BV du Mangoky et Sud du BV de la Tsiribihina (CE 7)	Menabe Central	Lambokely (9)	19°52,2'	44°38,7'	85
		Kirindy (CFPF) (10)	20°03,2'	44°41,0'	80
		Ambavaloza (11)	20°41,7'	44°11,9'	40
	Kirindy Mite	Amponiloaky (12)	20°47,3'	44°06,1'	40
		Antanivaky (13)	20°56,5'	43°52,3'	10
Sud du BV de l'Onilahy et Ouest du BV de la Mandrare (CE 6S)	Tsimanampetsotsa	Vombositse (14)	24°11,3'	43°45,9'	15
	Plateau Mahafaly	Antabore (15)	24°23,9'	43°50,8'	80
		Tongaenoro (16)	24°44,2'	44°01,8'	120
BV de la Mandrare (BVRD d6)	Ifotaka	Mahavelo (17)	24°45,9'	46°09,2'	110
	Nord d'Amboasary-Atsimo	Andrendahy (18)	24°52,1'	46°23,9'	100
		Vohondava (19)	24°41,2'	46°27,2'	225

paragraphe intitulé « Les oscillations paléoclimatiques pour expliquer les refuges et les centres d'endémisme façonnés par les caractéristiques des bassins versants des fleuves » (Figure 1-1).

L'un des aspects fondamentaux de l'hypothèse de Wilmé *et al.* (2006) repose sur les caractéristiques des bassins versants des fleuves pour expliquer les schémas de micro-endémisme à Madagascar. Ce schéma n'a été proposé qu'après le déroulement du projet « Rap-Gasy » mais il constitue cependant une structure pertinente sur laquelle se superposent les données biologiques obtenues au cours de ces inventaires pour tenter de mieux comprendre certains schémas biogéographiques, de sorte que nous l'avons suivi ici pour organiser les sites inventoriés. Le centre d'endémisme au sud du bassin du Mangoky est extrêmement complexe et nous suivons ici la version détaillée qui considère que les bassins des fleuves Onilahy et Mandrare aient joué un rôle de bassins de retraite-dispersion tel que mentionné par Wilmé *et al.* (2006). La carte de la Figure 1-3 montre les 19 sites présentés en détails dans cette monographie.

B. Détails et définitions spécifiques pour chaque site

1. Localisation – les coordonnées géographiques ont été prises avec un GPS (map datum WGS 84) sur l'emplacement du campement de chaque

localité. L'altitude a été déterminée avec un altimètre. Les autres informations, plus particulièrement administratives, ont été prises sur les cartes du *Foibe Taon-tsaritanin'i Madagascar* (FTM). L'emploi des termes « zone » ou « région » ne correspond à aucune division administrative.

2. Dates – inclusives pour les dates de présence dans un site donné.

3. Climatologie – Dans chaque site ont été installés un thermomètre min-max et un pluviomètre qui ont été relevés tous les jours avec des informations qui sont résumées dans le Tableau 1-7. Le pluviomètre avait été relevé à l'aube et l'information sur les températures dans les heures suivant le lever du soleil.

4. Géologie – principalement pris dans les références publiées (Besairie, 1972, 1973 ; Brenon, 1972 ; Battistini, 1996).

5. Hydrologie – déterminé à partir des cartes FTM au 1:500 000 d'après lesquelles les bassins versants des fleuves et des rivières ont été délimités.

6. Pédologie – dans chaque site, des échantillons de sol d'une taille de 10 x 10 x 10 cm ont été prélevés près du premier seau des trois lignes de trouspièges (voir Chapitre 3 pour une explication de cette technique). Ces échantillons de sols, qui incluaient de la litière forestière, ont été stockés et séchés dans des

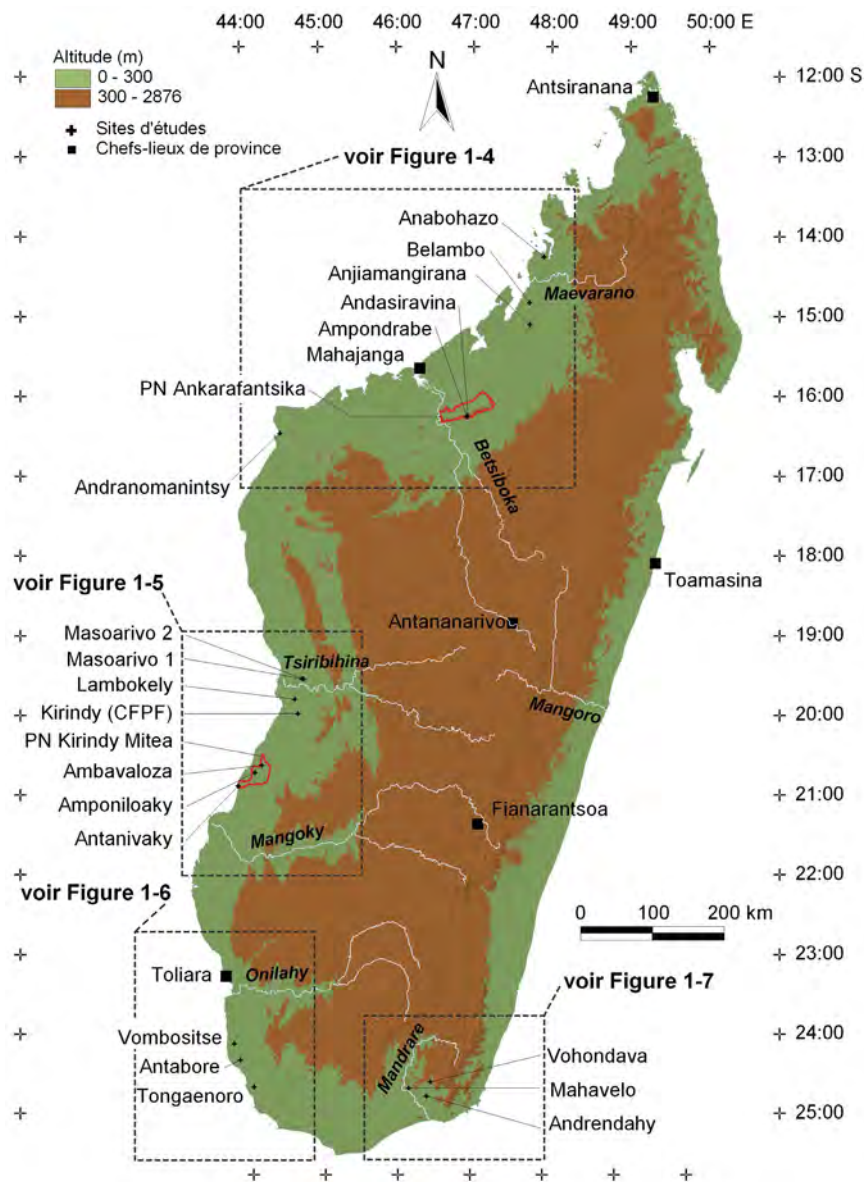


Figure 1-3. Carte montrant les 19 sites discutés en détail dans cette monographie. Ces sites sont compris dans quatre différentes zones sur l'île qui sont délimitées par les rectangles et sont présentées en détail dans les cartes ci-dessous.

pochons en tissus marqués et soumis au Laboratoire d'Analyse de Sol, Département d'Agriculture, Ecole Supérieure des Sciences, Université d'Antananarivo. Des échantillons n'ont pas été prélevés dans quatre sites – Anabohazo, Belambo, Mahavelo et Tongaenoro.

7. Habitats et formation végétale – basés sur des observations directes par des membres de l'équipe de terrain sur place. La taxinomie des plantes suit la terminologie adoptée par « Tropicos » du Missouri Botanical Garden (<http://www.tropicos.org/>).

8. Etat général de la forêt – basé sur des observations directes par des membres de l'équipe de terrain sur place. De plus amples détails de cet aspect sont présentés dans les chapitres 7 & 8.

Description des sites inventoriés

1. Centre d'endémisme -- Nord du bassin versant de la Maevarano et au Sud du bassin versant du Sambirano (CE 10, Figure 1-1)

1.1 Zone de Sahamalaza

Site 1 – **Anabohazo** (Tableau 1-6 ; Figure 1-4)

Localisation : Province de Mahajanga, Région de Sofia, Fivondronana d'Analalava, Parc National de Sahamalaza, 5,5 km NNE du village d'Ambinda, 14°18,6'S, 47°54,9'E, 120 m.

Dates : 4-11 décembre 2004.

Climatologie : température minimale -- 23,6°C ± 0,98 (22-25°C, n=7), maximale -- 29,3°C ± 1,38 (28-32°C, n=7), précipitations -- 1,0 mm ± 0,71 (0,5-1,5 mm, n=2) (Tableau 1-7).

Géologie : la station inventoriée était localisée près de deux zones différentes, l'une présentant des calcaires, des marnes et des craies, et l'autre des laves dont des basaltes et des gabbros) (Figure 1-4a).

Hydrologie : la presqu'île Sahamalaza est drainée par de nombreux petits cours d'eau dont la plupart sont temporaires ; elle est délimitée à l'est par le bassin du Manongarivo et au sud par le bassin de l'Anjango, affluent de la Maevarano.

Pédologie : pas disponible.

Habitats et formation végétale : forêt sèche caducifoliée de l'ouest sur sols latéritiques ferrugineux et parfois rocaillieux avec des arbres de 8 à 10 m de hauteur et une canopée relativement ouverte. Des cours d'eaux saisonniers sont présents.

Etat général de la forêt : la perturbation de la forêt est témoignée par la présence des traces de coupe et de récolte des produits secondaires comme le miel.

Tableau 1-7. Données climatiques enregistrées au cours des inventaires par site. Les résultats sont présentés sous la forme d'une moyenne \pm déviation standard (minimum-maximum, nombre de relevés).

Zones – sites	Températures (°C)		Précipitations ¹ (mm)
	minimales	maximales	
Sahamalaza – Anabohazo 5-11 déc. 2004	23,6 \pm 0,98 (22-25, n=7)	29,3 \pm 1,38 (28-32, n=7)	1,0 \pm 0,71 (0,5-1,5, n=2)
Antsohihy – Belambo 16-20 déc. 2004	25,0 \pm 0,0 (25-25, n=5)	30,4 \pm 3,65 (26-34, n=5)	5,6 \pm 6,56 (1,0-15,3, n=4)
Anjamangirana – Anjamangirana 19-25 nov. 2006	23,7 \pm 0,95 (23-25, n=7)	31,0 \pm 2,65 (27-34, n=7)	0,9 \pm 0,58 (0,1-1,5, n=4)
Ankarafantsika – Ampondrabe 2-10 déc. 2006	23,8 \pm 0,83 (23-25, n=9)	27,9 \pm 1,36 (26-29, n=9)	7,1 \pm 10,41 (0,4-25, n=8)
Ankarafantsika – Andasiravina 11-18 déc. 2006	23,1 \pm 1,64 (21-25, n=8)	28,9 \pm 0,83 (27-30, n=8)	23,0 \pm 38,11 (1-67, n=3)
Besalampy – Andranomanintsy 19-24 oct. 2005	20,8 \pm 1,83 (19-23, n=6)	31,8 \pm 1,33 (30-33, n=6)	--
Masoarivo – Masoarivo 1 19-25 oct. 2006	21,9 \pm 1,68 (20-24, n=7)	35,9 \pm 1,07 (34-37, n=7)	--
Masoarivo – Masoarivo 2 26 oct.-1 nov. 2006	23,7 \pm 0,95 (22-25, n=7)	36,6 \pm 1,27 (35-38, n=7)	--
Menabe Central – Lambokely 24-31 mars 2006	24,6 \pm 0,74 (24-26, n=8)	29,9 \pm 1,89 (28-33, n=8)	--
Menabe Central – Kirindy (CFPF) 17-23 mars 2006	25,6 \pm 0,79 (24-26, n=7)	34,3 \pm 2,93 (28-37, n=7)	35,8 \pm 49,85 (0,5-71, n=2)
Kirindy Mite – Ambavalozza 22-27 fév. 2007	24,0 \pm 1,90 (22-26, n=6)	29,3 \pm 1,03 (28-31, n=6)	4,5 \pm 4,3 (1,5-7,5, n=2)
Kirindy Mite – Amponiloaky 14-20 fév. 2007	23,4 \pm 0,98 (22-25, n=7)	26,7 \pm 1,60 (24-28, n=7)	35,0 \pm 21,79 (10-50, n=3)
Kirindy Mite – Antanivaky 2-6 mars 2007	22,6 \pm 1,34 (21-24, n=5)	29,6 \pm 2,51 (28-34, n=5)	--
Tsimanampetsotsa – Vombositse 18-24 avril 2005	20,9 \pm 1,21 (19-22, n=7)	29,9 \pm 2,01 (28-33, n=7)	--
Plateau Mahafaly – Antabore 27 fév.-4 mars 2005	24,8 \pm 0,98 (24-26, n=6)	32,7 \pm 0,82 (32-34, n=6)	--
Plateau Mahafaly – Tongaenoro 19-25 fév. 2005	25,3 \pm 0,82 (25-27, n=6)	31,3 \pm 1,37 (30-33, n=6)	7,8 \pm 2,94 (4,4-9,5, n=3)
Bassin Tandroy – Mahavelo 6-11 avril 2005	20,5 \pm 1,22 (19-22, n=6)	26,0 \pm 1,79 (24-29, n=6)	(0,5, n=1)
Bassin Tandroy – Andrendahy 28 mars-2 avril 2005	23,0 \pm 1,00 (22-25, n=7)	30,1 \pm 1,57 (29-33, n=7)	(0,1, n=1)
Bassin Tandroy – Vohondava 14-21 mars 2005	20,1 \pm 1,74 (18-23, n=8)	30,6 \pm 2,76 (27,5-35, n=8)	9,8 \pm 8,95 (0,8-17,5, n=4)

¹ Pour le nombre de jours avec des précipitations.

2. Centre d'endémisme -- Est du bassin versant de la Betsiboka et Sud du bassin versant de la Maevarano (CE 9 ; Figure 1-1)

2.1 Zone d'Antsohihy

Site 2 – **Belambo** (Tableau 1-6 ; Figure 1-4)

Localisation : Province de Mahajanga, Région de Sofia, Fivondronana d'Analalava, 7,5 km NE du village d'Ambarijeby, 14°53,2'S, 47°43,9'E, 150 m.

Dates : 15-20 décembre 2004.

Climatologie : température minimale -- $25,0^{\circ}\text{C} \pm 0,0$ (25-25°C, n=5), maximale -- $30,4^{\circ}\text{C} \pm 3,65$, précipitations -- $5,6 \text{ mm} \pm 6,56$ (1,0-15,3 mm, n=4) (Tableau 1-7).

Géologie : Largement grès (Figure 1-4a).

Hydrologie : Belambo est situé entre le bassin de la Maevarano (à l'ouest de Tsinjomorona, affluent sud de la Maevarano) et le petit bassin côtier de Marovato.

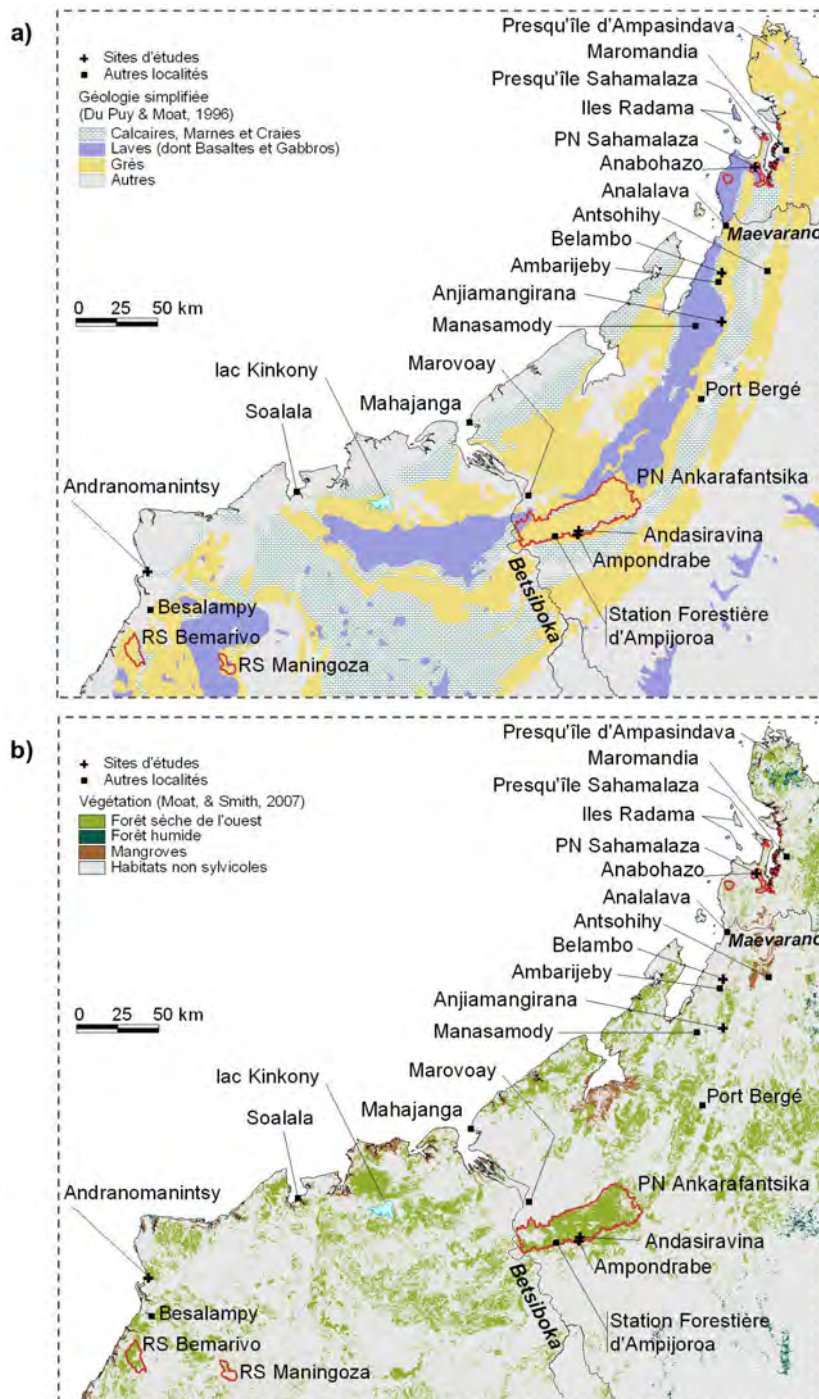


Figure 1-4. Zone du nord-ouest de Madagascar avec les sites inventoriés, superposée sur a) les substrats géologiques (Du Puy & Moat, 1996) et b) la couverture forestière restant (Moat & Smith, 2007).

La région est drainée par des petits fleuves dont des cours d'eau temporaires.

Pédologie : pas disponible.

Habitats et formation végétale : Forêts sèche caducifoliée sur sable blanc ; la canopée est relativement fermée et se trouve entre 8 à 10 m de hauteur ; sous bois clair avec une présence de clairières par endroits.

Etat général de la forêt : il est influencé par le passage annuel du feu dans la zone herbeuse qui l'entoure, la forêt est perturbée et fragmentée et une partie a été récemment brûlée.

2.2 Zone d'Anjiamangirana

Site 3 – **Anjiamangirana** (Tableau 1-6 ; Figure 1-4)

Localisation : Province de Mahajanga, Région de Sofia, Fivondronana d'Antsohiy, Station Forestière d'Anjiamangirana, 4,5 km W du village d'Anjiamangirana, 15°09,4'S, 47°44,1'E, 120 m.

Dates : 18-25 novembre 2006.

Climatologie : température minimale -- 23,7°C ± 0,95 (23-25°C, n=7), maximale -- 31,0°C ± 2,65 (27-34°C, n=7), précipitations -- 0,9 mm ± 0,58 (0,1-1,5 mm, n=4) (Tableau 1-7).

Géologie : la station inventoriée était localisée près de deux zones différentes, l'une présentant des grès et l'autre des laves dont des basaltes et des gabbros (Figure 1-4a).

Hydrologie : Anjiamangirana est situé dans le bassin versant de la rivière Doroa, affluent rive gauche de la rivière Tsinjomorona, elle-même affluent de la Maevarano. Les bassins versants des grands affluents de la rive gauche de la Maevarano ne sont pas considérés dans le bassin de retraite-dispersion car ces affluents prennent leurs sources à des altitudes relativement basses et drainent des bassins de faible altitude pour ne rejoindre la Maevarano que près de son embouchure à moins de 30 km de la côte.

Pédologie : tous les échantillons sont des sols sablo-limoneux, de structure paritaire. Ce sont des sols légèrement acides, faibles en matières organiques, acide phosphorique, potassium, magnésium et calcium, mais riches en azote (N varie de 0,16 à 0,20). Les capacités des échanges cationiques totales sont faibles (Tableau 1-8).

Habitats et formation végétale : une forêt sèche caducifoliée sur sable blanc et latéritique dont la hauteur maximale des arbres atteint 6 m environ et une canopée ouverte par endroits et des surfaces

sans végétation s'observent. Une galerie forestière avec des grands arbres de 10 à 12 m de hauteur environ s'installe le long d'une rivière qui est à sec pendant la saison sèche. Elle fait partie des blocs forestiers composant le plateau du Bongolava.

Etat général de la forêt : les habitats sont relativement perturbés et dégradés par les feux de brousse. Une divagation des bœufs s'observe dans la forêt. L'érosion constitue en outre une pression considérable sur la végétation des versants vulnérables et fragiles. Des lavakas se sont formés un peu partout.

3. Bassin versant de retraite-dispersion -- Betsiboka (BVRD G ; Figure 1-1)

3.1 Zone d'Ankarafantsika

Site 4 – **Ampondrabe** (Tableau 1-6 ; Figure 1-4)

Localisation : Province de Mahajanga, Région de Boeny, Fivondronana d'Ambato Boeny, Parc National d'Ankarafantsika, 9,0 km NNE du village d'Andranofasika, 16°19,5'S, 46°55,4'E, 250 m.

Dates : 1-10 décembre 2006.

Climatologie : température minimale -- 23,8°C ± 0,83 (23-25°C, n=9), maximale -- 27,9°C ± 1,36 (26-29°C, n=9), précipitations -- 7,1 mm ± 10,41 (0,4-25 mm, n=8) (Tableau 1-7).

Géologie : largement grès (Figure 1-4a).

Hydrologie : dans l'estuaire de la Betsiboka.

Pédologie : tous les échantillons sont des sols sablo-limoneux, de structure paritaire. Ce sont des sols légèrement acides, faibles en matières organiques (déjà décomposée), en acide phosphorique, potassium, magnésium et calcium, mais riches en azote (N varie de 0,16 à 0,25). Les capacités des échanges cationiques totales sont faibles (Tableau 1-8).

Habitats et formation végétale : forêt sèche caducifoliée sur sable roux très vulnérable à l'érosion et au passage du feu. La hauteur des grands arbres est de 8 à 10 m, la canopée est relativement fermée et le sous-bois clair. La forêt qui pousse dans une zone marécageuse d'une vallée est peuplée des grands arbres atteignant jusqu'à 12 m environ, des *Raphia* (Arecaceae) et des *Pandanus* (Pandanaaceae). Les arbres sont généralement à feuilles persistantes dans la forêt galerie.

Etat général de la forêt : la forêt du site est généralement en bon état mais une partie a été brûlée. Il y a des signes de collecte des ressources forestières telles que *Raphia*.

Site 5 – **Andasiravina** (Tableau 1-6 ; Figure 1-4)

Localisation : Province de Mahajanga, Région de Boeny, Fivondronana d'Ambato Boeny, Parc National d'Ankarafantsika, 10,0 km NNE du village d'Andranofasika, 16°18,2'S, 46°55,8'E, 150 m.

Dates : 11-18 décembre 2006.

Climatologie : température minimale -- 23,1°C ± 1,64 (21-25°C, n=8), maximale -- 28,9°C ± 0,83 (27-30°C, n=8), précipitations -- 23,0 mm ± 38,11 (1-67 mm, n=3) (Tableau 1-7).

Géologie : largement grès (Figure 1-4a).

Hydrologie : dans l'estuaire de la Betsiboka.

Pédologie : tous les échantillons sont des sols sablo-limoneux, de structure paritaire. Ce sont des sols légèrement acides, faibles en matières organiques (déjà décomposées), en acide phosphorique, potassium, magnésium et calcium, mais riche en azote (N varie de 0,15 à 0,20). Les capacités des échanges cationiques totales sont faibles (Tableau 1-8).

Table 1-8. Caractéristiques des échantillons des sols dans les différents sites des études.

Zone	Site	Nombre trous pièges	Sable %	Argile %	Limon %	Couleur	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	C %	N %
Anjamangirana	Anjamangirana	1	63,40	11,32	24,25	Brun	6,48	6,50	1,95	0,16
		2	90,25	2,56	6,29	Brun	6,40	6,44	1,30	0,16
		3	89,00	1,94	8,14	Brun	6,34	6,36	1,91	0,20
Ankarafantsika	Ampondrabe	1	60,45	12,16	26,35	Noir	5,88	6,02	2,84	0,25
		2	69,00	12,40	17,19	Gris cendre	6,08	6,10	1,88	0,16
		3	86,00	5,10	8,12	Marron	5,09	5,11	1,80	0,20
	Andasiravina	4	84,00	5,96	8,13	Marron clair	6,20	6,23	1,69	0,15
		5	84,05	6,52	8,40	Marron clair	6,30	6,32	1,85	0,19
		6	85,50	4,33	8,62	Marron clair	6,09	6,11	1,91	0,20
Besalampy	Andranomanintsy	1	75,50	3,25	19,40	Brun	6,20		1,57	0,18
		2	61,95	4,06	32,08	Gris	6,40		0,92	0,10
		3	78,05	5,02	15,38	Gris	6,20		0,64	0,08
Masoarivo	Masoarivo 2	4	78,30	5,37	15,13	Gris noir	6,50	6,53	2,74	0,16
		5	71,60	9,19	18,41	Marron	6,40	6,42	2,30	0,15
		6	82,45	4,69	12,01	Gris noir	6,34	6,38	1,87	0,20
	Masoarivo 1	1	70,80	10,75	17,56	Rouge	6,48	6,50	2,04	0,12
		2	79,10	6,38	13,65	Rouge tacheté de noir	6,54	6,55	2,87	0,25
		3	71,05	9,57	18,46	Rouge	6,66	6,68	1,31	0,15
Menabe Central	Kirindy (CFPF)	1	79,15	8,50	11,47	Gris clair	6,05		0,71	0,08
		2	76,60	7,82	14,64	Gris clair	6,01		0,25	0,04
		3	67,95	13,65	17,44	Gris clair	5,74		1,80	0,10
	Lambokely	4	58,90	13,30	26,00	Rouge tacheté	6,23		1,98	0,14
		5	59,25	15,37	23,50	Rouge tacheté	6,06		1,56	0,11
		6	64,50	12,57	21,23	Rouge tacheté	6,54		1,50	0,11
PN Kirindy Mite	Amponiloaky	1	41,60	17,23	39,31	Marron	6,70	6,72	2,30	0,17
		2	45,90	15,98	16,27	Marron foncé	6,80	6,78	2,24	0,11
		3	44,65	16,32	37,13	Marron foncé	6,85	6,80	2,39	0,11
	Ambavaloza	4	39,90	18,65	39,85	Marron	6,80	6,82	2,34	0,13
		5	61,70	10,19	27,09	Marron	6,82	6,80	2,14	0,15
		6	50,15	14,35	33,95	Marron	6,88	6,90	2,35	0,17
	Antanivaky	7	50,95	12,81	35,16	Marron	6,88	6,90	2,16	0,16
		8	50,15	11,70	36,33	Marron	6,84	6,88	2,65	0,15
		9	52,40	13,23	32,80	Marron	6,88	6,90	2,04	0,12
Tsimanampetsotsa	Vombositse	13	97,50	Néant	Néant	Gris clair avec tache noire	6,60	6,90	0,24	0,04
		14	96,91	Néant	Néant	Gris clair avec tache noire	6,70	6,85	0,22	0,04
		15	95,28	Néant	1,20	Gris clair avec tache noire	6,70	6,85	0,24	0,04
Plateau Mahafaly	Antabore	4	69,20	13,40	15,00	Marron	6,20	6,40	2,67	0,15
		5	70,25	6,10	19,85	Marron	6,30	6,40	2,48	0,14
		6	95,40	0,00	2,60	Gris clair	6,80	6,80	0,60	0,09
Nord d'Amboasary- Atsimo	Vohondava	7	55,80	5,12	34,15	Brun	6,00	6,20	3,80	0,22
		8	53,40	5,35	35,30	Brun	6,00	6,37	3,66	0,20
		9	48,50	20,80	26,25	Brun clair	6,20	6,40	3,55	0,20
	Andrendahy	10	65,48	13,30	19,90	Rouge	6,20	6,30	2,88	0,19
		11	65,35	6,92	21,45	Rouge foncé	5,80	6,00	2,67	0,16
		12	57,50	15,80	24,15	Rouge foncé	6,00	6,10	2,60	0,15

Table 1-8 (suite)

Zone	Sites	Nombre trous pièges	C/N	P ₂ O ₅ (‰)	K ₂ O (me%)	MgO (me%)	CaO (me%)	CECT (me%)
Anjiamangirana	Anjiamangirana	1	12,18	0,08	0,06	0,04	0,02	5,75
		2	8,12	0,08	0,07	0,02	0,02	5,70
		3	9,55	0,06	0,04	0,02	Trace	3,24
Ankarafantsika	Ampondrabe	1	11,36	0,10	0,08	0,04	0,02	6,60
		2	11,75	0,09	0,06	0,03	0,02	6,20
	Andasiravina	3	9,00	0,07	0,06	0,04	0,03	5,40
		4	11,26	0,09	0,07	0,03	0,02	6,40
		5	9,73	0,07	0,07	0,04	0,03	6,20
		6	9,55	0,07	0,06	0,03	0,02	6,00
Besalampy	Andranomanintsy	1	8,72	0,07	0,06	0,04	0,04	4,00
		2	9,20	0,08	0,04	0,02	0,02	3,80
		3	8,00	0,06	0,04	0,03	Néant	3,70
Masoarivo	Masoarivo 2	4	17,12	0,12	0,09	0,07	0,03	6,20
		5	15,33	0,12	0,11	0,07	0,02	7,78
		6	9,35	0,07	0,06	0,04	0,02	5,92
	Masoarivo 1	1	17,00	0,11	0,09	0,08	0,02	7,98
		2	11,48	0,14	0,13	0,08	0,03	10,00
		3	8,73	0,09	0,07	0,03	0,02	6,40
Menabe Central	Kirindy (CFPF)	1	8,50	0,07	0,06	0,04	0,03	4,00
		2	6,20	0,07	0,06	0,04	0,03	4,00
		3	18,36	0,07	0,08	0,04	0,04	5,60
	Lambokely	4	14,14	0,11	0,10	0,06	0,05	10,00
		5	14,18	0,11	0,10	0,06	0,05	10,00
		6	13,63	0,12	0,11	0,08	0,05	12,40
PN Kirindy Mite	Amponiloaky	1	13,52	0,14	0,12	0,08	0,04	10,00
		2	20,36	0,09	0,03	0,06	0,02	5,70
		3	21,72	0,09	0,07	0,06	0,02	5,75
	Ambavaloza	4	18,00	0,10	0,09	0,07	0,03	7,82
		5	14,26	0,12	0,12	0,06	0,04	8,50
		6	13,82	0,13	0,13	0,09	0,03	9,00
	Antanivaky	7	13,50	0,12	0,12	0,09	0,03	10,00
		8	17,66	0,09	0,09	0,07	0,02	7,98
		9	17,00	0,10	0,10	0,09	0,03	8,08
Tsimanampetsotsa	Vombositse	13	6,00	Néant	0,01	0,06	0,04	8,00
		14	5,85	Néant	0,01	0,04	0,04	6,50
		15	6,20	Trace	0,01	0,04	0,04	6,45
Plateau Mahafaly	Antabore	4	17,80	0,08	0,06	0,04	0,04	7,00
		5	17,71	0,06	0,06	0,05	0,06	6,80
		6	6,66	Néant	Trace	Néant	Néant	0,00
Nord d'Amboasary- Atsimo	Vohondava	7	17,27	0,14	0,16	0,08	0,08	12,00
		8	18,30	0,14	0,12	0,06	0,07	10,00
	Andrendahy	9	17,75	0,12	0,14	0,04	0,07	10,00
		10	15,15	0,07	0,08	0,06	0,04	8,00
		11	16,68	0,08	0,07	0,04	0,04	6,50
		12	17,33	0,08	0,07	0,04	0,04	6,45

Habitats et formation végétale : forêt sèche caducifoliée sur sable roux dont les grands arbres atteignent jusqu'à 12 m de hauteur, la canopée est relativement fermée et le sous-bois généralement clair. Une forêt galerie s'installe le long d'une rivière permanente et dans une zone marécageuse. La hauteur de la forêt varie entre 10 et 15 m de hauteur.

Etat général de la forêt : comme dans le cas de la forêt d'Ampondrabe, la forêt est généralement en bon état mais plusieurs traces de passages de feu sont notables, même à proximité et au sein du noyau dur. Il y a aussi des signes de collecte de *Raphia* et des pièges à lémuriers.

4. Centre d'endémisme -- Nord du bassin versant de la Tsiribihina et Ouest du bassin versant de la Betsiboka (CE 8 ; Figure 1-1)

4.1 Zone de Besalampy

Site 6 – **Andranomanintsy** (Tableau 1-6 ; Figure 1-4)

Localisation : Province de Mahajanga, Région de Melaky, Fivondronana de Besalampy, 24,5 km N du village de Besalampy, 16°31,2'S, 44°29,2'E, 35 m.

Dates : 18-24 octobre 2005.

Climatologie : température minimale -- 20,8°C ± 1,83 (19-23°C, n=6), maximale -- 31,8°C ± 1,33 (30-33 mm, n=6), précipitations – aucune (Tableau 1-7).

Géologie : largement sur sable (Figure 1-4a).

Hydrologie : la forêt se trouve au sud du bassin du fleuve côtier d'Anjanabory et la zone au nord de l'estuaire des fleuves Sambao et Maningoza.

Pédologie : Tous les échantillons sont des sols sablo-limoneux, avec une forte proportion de sable > 78%. Ce sont des sols légèrement acides, pauvres en matières organiques, mais le ratio de carbone/azote (C/N 8,0 à 9,2) montre une faible réserve de matière organique. Ensuite, les acides phosphorique, potassium, magnésium et calcium sont pauvres, mais les sols sont relativement riches en azote (N varie de 0,10 à 0,18). Les capacités des échanges cationiques totales sont faibles (Tableau 1-8).

Habitats et formation végétale : Forêt sèche caducifoliée sur sables roux dont l'hauteur des grands arbres varie entre 8 et 15 m avec des arbres émergents atteignant 20 m. La canopée est relativement fermée et le sous-bois est clair. Les épiphytes et les lianes sont peu nombreux. Les palmiers sont rares et très localisés. *Ravenala madagascariensis* (Strelitziaceae) et *Bismarckia nobilis* (Arecaceae) abondent dans les endroits humides et gorgés d'eaux.

Etat général de la forêt : Cette forêt est relativement intacte sauf le passage du feu dans la zone savanicole dominée par des *Hyphaene shatan* (Arecaceae) a touché la lisière et une partie de la forêt.

5. Bassin versant de retraite-dispersion -- Tsiribihina (BVRD F, Figure 1-1)

5.1 Zone de Masoarivo

Site 7 -- **Masoarivo 1** (Tableau 1-6 ; Figure 1-5)

Localisation : Province de Toliara, Région de Menabe, Fivondronana de Belo sur Tsiribihina, 5,7 km NNE du village de Masoarivo, 19°36,9'S, 44°46,1'E, 110 m.

Dates : 18-25 octobre 2006.

Climatologie : température minimale -- 21,9°C ± 1,68 (20-24°C, n=7), maximale -- 35,9°C ± 1,07 (34-37°C, n=7), précipitations – aucune (Tableau 1-7).

Géologie : Largement grès (Figure 1-5a).

Hydrologie : le site se trouve dans l'estuaire de la Tsiribihina sur la rive droite du fleuve.

Pédologie : Tous les échantillons sont des sols sablo-limoneux, de structure paritaire. Ce sont des sols légèrement acides, généralement faibles en matières organiques (spécimen 3 est aussi faible en matières organiques), en magnésium et calcium, mais riche en azote (N varie de 0,12 à 0,25). Pour l'acide phosphorique spécimens 1 et 2 sont moyennement riches et spécimen 3 est pauvre, et pour le potassium, spécimen 2 a une quantité moyenne et les autres sont pauvres. Les capacités des échanges cationiques totales sont assez bonnes (CECT 10%) pour une sur les trois spécimens et assez faibles pour les autres (Tableau 1-8).

Habitats et formation végétale : Forêt sèche caducifoliée sur sable roux assez profond avec une hauteur des grands arbres variant entre 8 et 15 m de hauteur, une canopée semi-ouverte et un sous-bois fourni. Les lianes sont peu nombreuses ainsi que les épiphytes.

Etat général de la forêt : C'est une forêt dégradée et perturbée. Une grande piste reliant le village de Masoarivo à ceux environnants et un système de petites pistes s'entrecroisent dans la forêt. Un passage récent de feu a ravagé une grande partie de la zone forestière et une coupe sélective s'opère encore. La collecte des racines et tubercules laisse place à des nombreux profonds trous dans la forêt.

Site 8 -- **Masoarivo 2** (Tableau 1-6 ; Figure 1-5)

Localisation : Province de Toliara, Région de Menabe, Fivondronana de Belo sur Tsiribihina, 5,0 km N du village de Masoarivo, 19°36,7'S, 44°44,6'E, 120 m.

Dates : 26 octobre-1 novembre 2006.

Climatologie : température minimale -- 23,7°C ± 0,95 (22-25, n=7), maximale -- 36,6°C ± 1,27 (35-38°C, n=7), précipitations – aucune (Tableau 1-7).

Géologie : Largement grès (Figure 1-5a).

Hydrologie : le site se trouve dans l'estuaire de la Tsiribihina sur la rive droite du fleuve.

Pédologie : Tous les échantillons sont des sols sablo-limoneux, de structure paritaire. Ce sont des sols légèrement acides, généralement avec les matières

organiques déjà décomposées (mais spécimen 6 présente une faible réserve de matières organiques). Ils sont faibles en magnésium et calcium, mais riches en azote (N varie de 0,15 à 0,20). Pour l'acide phosphorique, spécimens 4 et 5 sont moyennement riches et spécimen 6 est pauvre, et pour le potassium spécimen 5 a un taux moyenne et les autres spécimens sont pauvres. Les capacités des échanges cationiques totales sont assez faibles (Tableau 1-8).

Habitats et formation végétale : Forêt sèche caducifoliée sur sable roux dont la hauteur des grands arbres atteint 10 m de haut, la canopée est plus ou moins ouverte et le sous-bois est assez fourni par endroits.

Etat général de la forêt : Comme le cas de Masoarivo 1, la forêt est dégradée et perturbée et les différentes pressions anthropiques observées dans ce site s'y rencontrent aussi.

6. Centre d'endémisme -- Nord du bassin versant du Mangoky et Sud du bassin versant de la Tsiribihina (CE 7 ; Figure 1-1)

6.1 Zone de Menabe Central

Site 9 – **Lambokely** (Tableau 1-6 ; Figure 1-5)

Localisation : Province de Toliara, Région de Menabe, Fivondronana de Belo sur Tsiribihina, 11,0 km NNE du village de Beroboka Nord, 19°52,2'S, 44°38,7'E, 85 m.

Dates : 24-31 mars 2006.

Climatologie : température minimale -- 24,6°C ± 0,74 (24-26°C, n=8), maximale -- 29,9°C ± 1,89 (28-33°C, n=8), précipitations – aucune (Tableau 1-7).

Géologie : Sables non consolidés (Figure 1-5a).

Hydrologie : la forêt de Lambokely est située juste au sud de l'estuaire de la Tsiribihina dans une zone drainée par de petits cours d'eau dont la plupart sont saisonniers.

Pédologie : Les horizons des trois échantillons sont rouge tacheté de noir de texture sablo-limoneuse et de structure grumeleuse. Ce sont des sols acides, moyennement riches en azote, en acide phosphorique et potassium mais ils sont pauvres en matières organiques, en magnésium et calcium. Les capacités des échanges cationiques totales sont moyennes (Tableau 1-8).

Habitats et formation végétale : Forêt sèche caducifoliée sur sable roux dont la hauteur varie entre 8 et 15 m et une canopée relativement fermée. La

strate arbustive est bien développée et les lianes sont abondantes.

Etat général de la forêt : Elle est assez perturbée par endroits. Des anciens layons pétroliers traverse la forêt de long en large et ils sont encore utilisés par les populations riveraines. Des traces d'une exploitation des arbres de différents diamètres et de récolte des produits secondaires comme le miel ont été constatées.

Site 10 -- **Kirindy (CFPF)** (Tableau 1-6 ; Figure 1-5)

Localisation : Province de Toliara, Région de Menabe, Fivondronana de Morondava, 16,3 km NE du village de Marofandilia, 20°03,2'S, 44°41,0'E, 80 m.

Dates : 17-23 mars 2006.

Climatologie : température minimale -- 25,6°C ± 0,79 (24-26, n=7), maximale -- 34,3°C ± 2,93 (28-37°C, n=7), précipitations -- 35,8 mm ± 49,85 (0,5-71 mm, n=2) (Tableau 1-7).

Géologie : Sables non consolidés (Figure 1-5a).

Hydrologie : la forêt Kirindy (CFPF) est située au sud de l'estuaire de la Tsiribihina et au nord du petit bassin côtier de la rivière Tomitsy dans une zone drainée par de petits cours d'eau dont la plupart sont saisonniers.

Pédologie : Deux sur trois échantillons sont gris clair de texture sablo-limoneuse et possèdent une structure grumeleuse et le troisième échantillon est rouge mais de texture sablo-limoneuse et de structure grumeleuse. Ce sont des sols acides, généralement faibles en matières organiques (mais spécimen 3 montre que les matières organiques sont mal décomposées) et en acide phosphorique, et ils sont pauvres en azote, magnésium, potassium et calcium. Les capacités des échanges cationiques totales sont faibles (Tableau 1-8).

Habitats et formation végétale : Forêt sèche caducifoliée sur sable roux. La hauteur des grands arbres varie de 8 à 10 m, la canopée est relativement fermée. La présence des grands arbres et des baobabs est remarquable. La strate arbustive est bien développée et les lianes sont abondantes. Les épiphytes sont peu nombreux et les fougères sont presque inexistantes. D'autres espèces xérophytiques comme *Euphorbia* spp. (Euphorbiaceae), *Pachypodium* sp. (Apocynaceae) signalent l'existence d'une grande variété d'adaptation aux conditions arides.

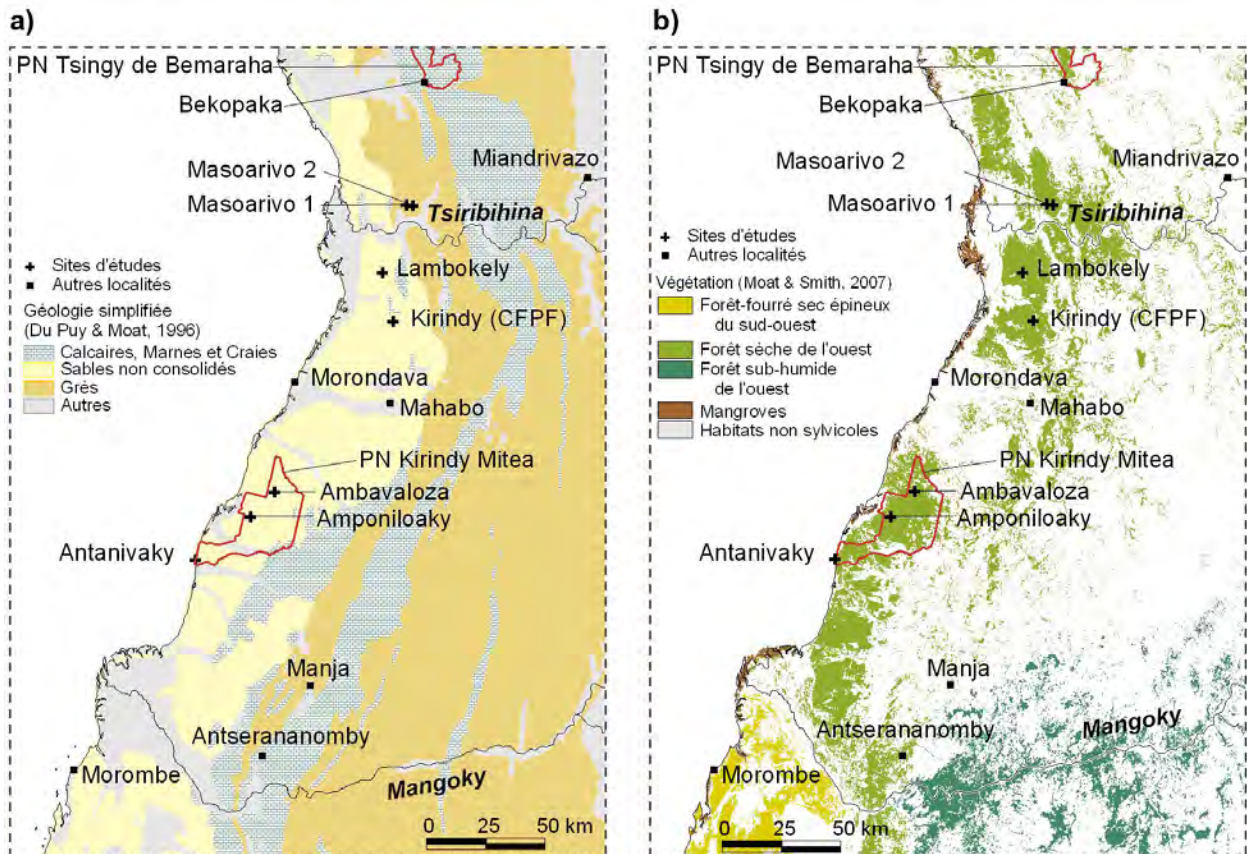


Figure 1-5. Zone du centre-ouest de Madagascar avec les sites inventoriés, superposée sur a) les substrats géologiques (Du Puy & Moat, 1996) et b) la couverture forestière restant (Moat & Smith, 2007).

Etat général de la forêt : La forêt est en bon état mais une perturbation s'observe dans certains endroits. Des layons et un réseau de pistes aménagées traversent la station par endroits. La collecte de tubercules est très répandue dans cette forêt.

6.2 Zone de Kirindy Mite

Site 11 – **Ambavaloza** (Tableau 1-6 ; Figure 1-5)

Localisation : Province de Toliara, Région de Menabe, Fivondronana de Morondava, Parc National de Kirindy Mite, 13,7 km SE du village d'Ambararata, 20°41,7'S, 44°11,9'E, 40 m.

Dates : 22-27 février 2007.

Climatologie : température minimale -- 24,0°C ± 1,90 (22-26°C, n=6), maximale -- 29,3°C ± 1,03 (28-31°C, n=6), précipitations -- 4,5 mm ± 4,24 (1,5-7,5 mm, n=2) (Tableau 1-7).

Géologie : Sables non consolidés (Figure 1-5a).

Hydrologie : Ambavaloza est situé dans une zone sèche sans cours d'eau entre les bassins du fleuve Maharivo au nord et du fleuve Kirindy au sud.

Pédologie : Tous les échantillons sont des sols sablo-limoneux, de structure grumeleuse. Ce sont des sols légèrement acides, riche en azote (N varie de 0,13 à

0,17), moyennement riche en matières organiques et acide phosphorique mais ils sont pauvres en calcium. Les matières organiques des spécimens 5 et 6 sont déjà décomposées et celles du spécimen 4 ne sont pas encore décomposées. Pour le potassium, spécimen 4 est assez pauvre et les autres deux spécimens sont moyens. Pour le magnésium, spécimens 4 et 5 sont pauvres et spécimen 6 assez faibles. Les capacités des échanges cationiques totales sont assez faibles (Tableau 1-8).

Habitats et formation végétale : Forêt sèche caducifoliée sur sols sablonneux. La hauteur de la cime varie entre 6 et 8 m de hauteur suivant les différents endroits du site, la canopée est semi-ouverte et le sous-bois est souvent clair mais assez dense par endroit. L'abondance des baobabs (*Adansonia*, Bombacaceae) et des « farafatse » (*Givotia madagascariensis*, Euphorbiaceae) est très remarquable. Les lianes et les épiphytes sont rares. Le partie nord du site est plus humide que celle du sud avec la présence des lacs et de dépressions qui emprisonnent une grande quantité d'eau pendant l'été et qui ne se tarissent même pas pendant l'été. Les forêts à proximité de ces lacs forment une sorte

de galerie forestière dont la hauteur de la cime arrive jusqu'à 10 m environ.

Etat général de la forêt : Des souches d'ancienne perturbation s'observent et une récolte des ressources naturelles comme les hérissons et les tenrecs ont été notés.

Site 12 – **Amponiloaky** (Tableau 1-6 ; Figure 1-5)

Localisation : Province de Toliara, Région de Menabe, Fivondronana de Morondava, Parc National de Kirindy Mite, 11,8 km SE du village de Belo sur mer, 20°47,3'S, 44°06,1'E, 40 m.

Dates : 14-20 février 2007.

Climatologie : température minimale -- 23,4°C ± 0,98 (22-25°C, n=7), maximale -- 26,7°C ± 1,60 (24-28°C, n=7), précipitations -- 35,0 mm ± 21,79 (10-50 mm, n=3) (Tableau 1-7).

Géologie : Sables non consolidés (Figure 1-5a).

Hydrologie : Amponiloaky est situé dans une zone sèche sans cours d'eau entre les bassins du fleuve Maharivo au nord et du fleuve Kirindy au sud.

Pédologie : Tous les échantillons sont des sols sablo-limoneux, de structure grumeleuse. Ce sont des sols légèrement acides, riche en azote (N varie de 0,11 à 0,17), moyennement riche en matières organiques et en acide phosphorique (mais spécimens 2 et 3 sont légèrement faibles) et ils sont pauvres en calcium. Pour les matières organiques, celles du spécimen 1 sont déjà décomposées et celles des spécimens 2 et 3 ne sont pas encore décomposées. Pour le potassium, spécimens 2 et 3 sont pauvres et spécimen 1 est moyenne. Pour le magnésium, spécimens 2 et 3 sont pauvres et spécimen 1 est assez faible. Les capacités des échanges cationiques totales sont assez bonnes pour spécimen 1 et faibles pour spécimens 2 et 3 (Tableau 1-8).

Habitats et formation végétale : Forêt sèche caducifoliée sur sable dont la hauteur des arbres arrive jusqu'à 8 m environ, la canopée est relativement fermée et le sous-bois assez dense. De grands baobabs (*Adansonia*) et des *Givotia madagascariensis* s'observent dans le site. Les lianes et les épiphytes sont rares.

Etat général de la forêt : La forêt est perturbée et des traces d'exploitation sélective des grands arbres surtout de *Givotia* destiné pour la construction des pirogues ont été constatées. La fabrication des pirogues s'accompagne d'un grand défrichement des endroits autour du pied de l'arbre abattu.

Site 13 – **Antanivaky** (Tableau 1-6 ; Figure 1-5)

Localisation : Province de Toliara, Région de Menabe, Fivondronana de Morondava, Parc National de Kirindy Mite, 25,6 km SW du village de Belo sur mer, 20°56,5'S, 43°52,3'E, 10 m.

Dates : 1-7 mars 2007.

Climatologie : température minimale -- 22,6°C ± 1,34 (21-24°C, n=5), maximale -- 29,6°C ± 2,51 (28-34°C, n=5), précipitations – aucune (Tableau 1-7).

Géologie : Sables non consolidés (Figure 1-5a).

Hydrologie : Antanivaky est un site côtier juste au sud du fleuve côtier de Lampaolo et au nord du fleuve Maintapaka.

Pédologie : Tous les échantillons sont des sols sablo-limoneux, de structure grumeleuse. Ce sont des sols légèrement acides, riche en azote (N varie de 0,12 à 0,16), moyennement riche en matières organiques et acide phosphorique et pauvre en calcium. Pour les matières organiques, elles sont toutes déjà décomposées. Pour potassium, spécimen 8 est assez pauvre et spécimens 7 et 9 sont moyens. Pour magnésium, spécimens 7 et 9 sont assez faibles est spécimen 8 est pauvre. Les capacités des échanges cationiques totales sont assez bonnes pour spécimen 7 et assez faibles pour spécimens 8 et 9 (Tableau 1-8).

Habitats et formation végétale : Forêt de transition entre la forêt sèche caducifoliée et le bush épineux dont la hauteur des arbres est de 8 à 10 m mais quelques-uns émergents de 12 m environ culminent au-dessus d'une canopée relativement ouverte.

Etat général de la forêt : Elle est dégradée et perturbée. Une exploitation des pieds de *Givotia* destiné pour la fabrication des pirogues existe dans la forêt. L'évacuation des pirogues nécessite également la fabrication d'une large ouverture jusqu'à la mer.

7a. Centre d'endémisme -- Sud du bassin versant du Mangoky (CE 6S, entres les bassins versants de l'Onilahy au Nord et du Mandrare à l'Est ; Figure 1-1)

7a.1 Zone de Tsimanampetsotsa

Site 14 – **Vombositse** (Tableau 1-6 ; Figure 1-6).

Localisation : Province de Toliara, Région d'Atsimo Andrefana, Fivondronana d'Ampanihy, Parc National de Tsimanampetsotsa, 13,5 km SSE du village d'Efoetse, 24°11,3'S, 43°45,9'E, 15-80 m.

Dates : 17-24 avril 2005.

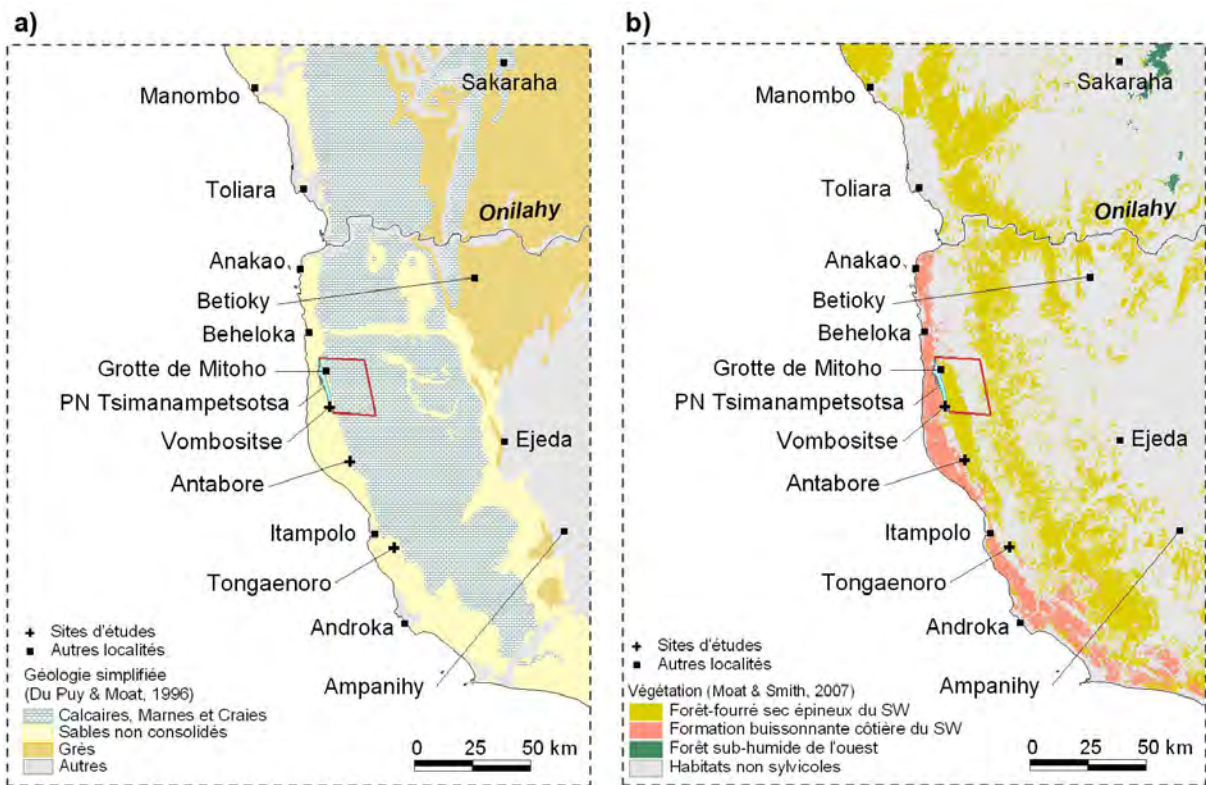


Figure 1-6. Zone du sud-ouest de Madagascar avec les sites inventoriés, superposée sur a) les substrats géologiques (Du Puy & Moat, 1996) et b) la couverture forestière restant (Moat & Smith, 2007).

Climatologie : température minimale -- $20,9^{\circ}\text{C} \pm 1,21$ ($19-22^{\circ}\text{C}$, $n=7$), maximale -- $29,9^{\circ}\text{C} \pm 2,01$ ($28-33^{\circ}\text{C}$, $n=7$), précipitations – aucune (Tableau 1-7).

Géologie : Sables non consolidés au pied d'une falaise calcaire (Figure 1-6a).

Hydrologie : le site est proche du lac Tsimanampetsotsa dans une vaste région entre les fleuves Onilahy et Linta où la quasi-totalité des cours d'eau sont temporaires.

Pédologie : Horizon gris clair avec tache noire et à forte proportion de sable (>95%), absence totale d'argile et de limon. Ce sont des sols presque neutres avec un taux d'azote égal à 0.04, l'acide phosphorique, potassium, magnésium et calcium sont très faibles à non existants. Pour les spécimens, le ratio C/N pour les échantillons est < 10, ce qui montre qu'ils sont déjà minéralisés mais ils sont à très faibles proportions de matières organiques. Les capacités des échanges cationiques totales sont inexistantes (Tableau 1-8).

Habitats et formation végétale : Bush épineux à *Didiereaceae* et à *Euphorbiaceae* qui se divise en un fourré épineux rabougré s'installant sur le plateau calcaire dont la hauteur est moins de 3 m et un haut fourré épineux sur sable se trouve en bas de la cuesta et dans la plaine du côté du Lac de Tsimanampetsotsa dont la hauteur des grands arbres varie entre 5 et 8 m.

La végétation est généralement ouverte, mais souvent impénétrable avec des branches enchevêtrées. Formation végétale sur le plateau calcaire en bon état.

Etat général de la forêt : La forêt est perturbée surtout du côté du village de Soarano où existe une divagation de bœufs et de chèvres et une coupe sélective des bois pour les cercueils.

7a.2 Zone de Plateau Mahafaly

Site 15 – **Antabore** (Tableau 1-6 ; Figure 1-6)

Localisation : Province de Toliara, Région d'Atsimo Andrefana, Fivondronana d'Ampanihy, 4,0 km NE du village de Vohombe, $24^{\circ}23,9'S$, $43^{\circ}50,8'E$, 20-80 m.

Dates : 26 février-4 mars 2005.

Climatologie : température minimale -- $24,8^{\circ}\text{C} \pm 0,98$ ($24-26^{\circ}\text{C}$, $n=6$), maximale -- $32,7^{\circ}\text{C} \pm 0,82$ ($32-34^{\circ}\text{C}$, $n=6$), précipitations – aucune (Tableau 1-7).

Géologie : Sables non consolidés au pied d'une falaise calcaire (Figure 1-6a).

Hydrologie : le site est proche du lac Tsimanampetsotsa dans une vaste région entre les fleuves Onilahy et Linta où la quasi-totalité des cours d'eau sont temporaires.

Pédologie : Les échantillons 4 et 5 ont une texture sols sablo-limoneux et une structure polyédrique et l'échantillon 6 une texture sableuse. Ce sont des sols acides, faibles jusqu'à très faibles en acide phosphorique, potassium, magnésium et calcium. Le niveau d'azote pour spécimens 4 et 5 est moyen (N est 0,14 et 0,15) et pour spécimen 6, il est très faible (N est 0,09). Les capacités des échanges cationiques totales sont faibles (Tableau 1-8).

Habitats et formation végétale : Fourré épineux rabougri à Didiereaceae, Euphorbiaceae sur le plateau calcaire de 3 à 5 m de hauteur mais sur ce plateau, au-delà de la cuesta et dans la plaine du côté du village, un haut fourré épineux sur sable roux de 8 m environ s'installe avec une canopée ouverte. Les Didiereaceae et les Euphorbiaceae sont fréquentes et sont associées à des arbustes et arbres comme *Cedrelopsis grevei* (Meliaceae). Le fourré sur le plateau calcaire est presque en bon état.

Etat général de la forêt : La forêt est relativement perturbée. Une grande étendue de culture sur brûlis a été notée entre le haut fourré à proximité du village et le bas du plateau calcaire ainsi qu'à l'intérieur de la forêt sur le plateau. Un système de pistes, des traces de coupes de bois pour la construction et le besoin journalier et des traces de passage de feu ont été constatés dans ce site.

Site 16 – **Tongaenoro** (Tableau 1-6 ; Figure 1-6)

Localisation : Province de Toliara, Région d'Atsimo Andrefana, Fivondronana d'Ampanihy, 10,5 km SE du village d'Itampolo, 24°44,2'S, 44°01,8'E, 120 m.

Dates : 19-25 février 2005.

Climatologie : température minimale -- 25,3°C ± 0,82 (25-27°C, n=6), maximale -- 31,3°C ± 1,37 (30-33°C, n=6), précipitations -- 7,8 mm ± 2,94 (4,4-9,5 mm, n=3) (Tableau 1-7).

Géologie : Sables non consolidés au pied d'une falaise calcaire (Figure 1-6a).

Hydrologie : le site est proche du lac Tsimanampetsotsa dans une vaste région entre les fleuves Onilahy et Linta où la quasi-totalité des cours d'eau sont temporaires.

Pédologie : pas disponible.

Habitats et formation végétale : Bush épineux avec des Didiereaceae et des Euphorbiaceae dont la hauteur de la cime varie entre 3 et 5 m avec une canopée ouverte et un sous-bois assez clair par endroits.

Etat général de la forêt : La forêt est dégradée et perturbée. Une grande piste pour les charretiers traverse le site et une plante introduite, *Opuntia* (Cactaceae) s'observe par endroits.

7b. Centre d'endémisme -- Sud du bassin versant du Mangoky (bassin du Mandrare) (CE d6, Figure 1-1)

7b.1 Zone d'Ifotaka

Site 17 – **Mahavelo** (Tableau 1-6 ; Figure 1-7)

Localisation : Province de Toliara, Région d'Anosy, Fivondronana d'Amboasary-Atsimo, 7,5 km N du village d'Ifotaka, 24°45,9'S, 46°09,2'E, 110 m.

Dates : 5-11 avril 2005.

Climatologie : température minimale -- 20,5°C ± 1,22 (19-22°C, n=6), maximale -- 26,0°C ± 1,79 (24-29°C, n=6), précipitations -- (0,5 mm, n=1) (Tableau 1-7).

Géologie : laves (basaltes et gabbros) (Figure 1-7a).

Hydrologie : la forêt est située dans le bassin inférieur du Mandrare.

Pédologie : pas disponible.

Habitats et formation végétale : Bush épineux à Didiereaceae et Euphorbiaceae sur sols rocaillieux dominé par une espèce d'*Alluaudia* (Didiereaceae) dont les grands arbres sont de 6 à 8 m de hauteur avec une canopée ouverte et un sous-bois clair. Les lianes sont rares, le tapis de graminées et d'herbacés est fréquent. A cause du relief très accusé, la pente encaissant la vallée est très raide laissant une petite bande de galerie forestière le long de la rivière Santoria, un affluent de la rivière Mandrare. La hauteur des arbres de cette forêt ne diffère pas beaucoup de celle du fourré épineux adjacent.

Etat général de la forêt : La forêt est relativement perturbée par le pâturage et les plantes envahissantes. Dans certaines parties du fourré, des anciennes zones de culture sur brûlis ont été rencontrées dans lesquelles poussent les *Opuntia*.

7b.2 Zone du Nord d'Amboasary-Atsimo

Site 18 – **Andrendahy** (Tableau 1-6 ; Figure 1-7)

Localisation : Province de Toliara, Région d'Anosy, Fivondronana d'Amboasary-Atsimo, 9,5 km N du village de Behara, 24°52,1'S, 46°23,9'E, 100 m.

Dates : 27 mars-2 avril 2005.

Climatologie : température minimale -- 23,0°C ± 1,00 (22-25°C, n=7), maximale -- 30,1°C ± 1,57 (29-33°C, n=7), précipitations -- (0,1 mm, n=1) (Tableau 1-7).

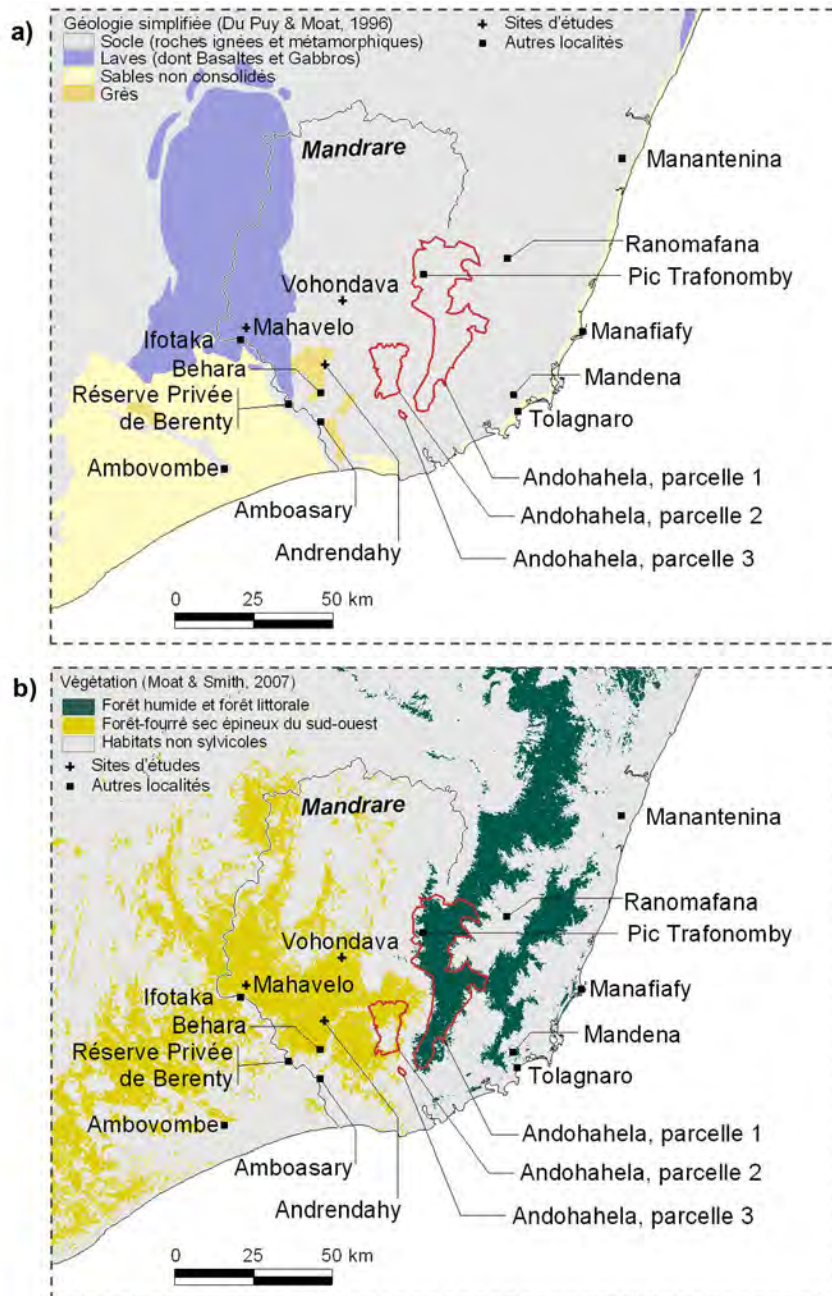


Figure 1-7. Zone du sud-est de Madagascar avec les sites inventoriés, superposée sur a) les substrats géologiques (Du Puy & Moat, 1996) et b) la couverture forestière restante (Moat & Smith, 2007).

Géologie : Largement de grès (Figure 1-7a).

Hydrologie : la forêt est située dans le bassin de la Mananara, dernier affluent principal de la rive gauche du Mandrare.

Pédologie : Horizon rouge de texture sablo-limoneuse et de structure grumeleuse. Ce sont des sols acides, faibles en acide phosphorique, potassium, magnésium et calcium. Les taux d'azote sont élevés (N varie de 0,15 à 0,19). Les ratios C/N pour les échantillons 10 et 11 sont de 15,15 et de 16,68 avec des matières organiques déjà décomposées et pour l'échantillon 12, il est de 17,33 avec des matières organiques qui

ne sont pas totalement décomposées. Les capacités des échanges cationiques totales sont faibles (Tableau 1-8).

Habitats et formation végétale : Bush épineux à *Didiereaceae* et à *Euphorbiaceae* sur sols latéritiques rouges dominé par une espèce de *Didieria* dont les arbres sont de 5 à 8 m environ de hauteur mais dépassent quelquefois les 10-12 m. La canopée est ouverte. Du côté de la route nationale, les *Didiereaceae* sont abondants tandis que plus à l'intérieur, les *Euphorbiaceae* dominent la formation. Les lianes sont peu abondantes. Le sous-bois est clair.

Etat général de la forêt : La végétation est perturbée et dégradée. Une divagation des bœufs, une piste pour les charretiers avec un système de petites pistes ont été rencontrées. La coupe des *fantsilotra* (*Alluaudia* sp.) est très intense.

Site 19 – **Vohondava** (Tableau 1-6 ; Figure 1-7)

Localisation : Province de Toliara, Région d'Anosy, Fivondronana d'Amboasary-Atsimo, 10,0 km SSW du village de Tranomaro, 24°41,2'S, 46°27,2'E, 225 m.

Dates : 13-21 mars 2005.

Climatologie : température minimale -- 20,1°C ± 1,74 (18-23°C, n=8), maximale -- 30,6°C ± 2,76 (27,5-35°C, n=8), précipitations -- 9,8 mm ± 8,95 (0,8-17,5 mm, n=4) (Tableau 1-7).

Géologie : Socle (roches ignées et métamorphiques) (Figure 1-7a).

Hydrologie : la forêt est située dans le bassin de la Mananara, dernier affluent principal de la rive gauche du Mandrare.

Pédologie : Horizon brun à brun clair de texture sablo-limoneuse et de structure grumeleuse. Ce sont des sols acides, assez pauvres en acide phosphorique, assez bons en potassium et assez faibles en magnésium et calcium. Le niveau d'azote est très élevé (N varie de 0,20 à 0,22). Le ratio C/N qui varie de 17,27 à 18,30 montre que les matières organiques ne sont pas totalement décomposées. Les capacités des échanges cationiques totales sont moyennes (Tableau 1-8).

Habitats et formation végétale : Bush épineux sur sol rocailleux ou sur sable à Didiereaceae et Euphorbiaceae de 4 à 8 m de hauteur avec une canopée ouverte et un sous-bois clair. Une forêt galerie s'installe le long de la rivière Vohondava avec des grands arbres de 8 à 10 m de hauteur et une canopée relativement fermée. Dans cette formation, les grandes lianes et les grands arbres aux alentours de 30 cm de diamètre sont fréquents, mais les Euphorbiaceae et les Didiereaceae sont rares.

Etat général de la forêt : Les deux types de forêt sont relativement perturbés et une trace d'ancien passage de feu dans le fourré épineux a été constaté. L'exploitation minière fait des trous relativement grands dans certains endroits.

Références bibliographiques

- Andreone, F., Cadle, J. E., Cox, N., Glaw, F., Nussbaum, R. A., Raxworthy, C. J., Stuart, S. N., Vallan, D. & Vences, M. 2005.** Species review of amphibian extinction risks in Madagascar: conclusions from the global amphibian assessment. *Conservation Biology*, 19: 1790-1802.
- Battistini, R. 1996.** Paléogéographie et variétés des milieux naturels à Madagascar et dans les îles voisines: quelques données de base pour l'étude biogéographique de la région malgache. Dans *Biogéographie de Madagascar*, ed. W. R. Lourenço, pp. 1-17. ORSTOM, Paris.
- Besairie, J. 1972.** Géologie de Madagascar. 1. Les terrains sédimentaires. *Annales Géologiques de Madagascar, Services des Mines*, 35: 1-463.
- Besairie, J. 1973.** Précis de géologie malgache. *Annales Géologiques de Madagascar, Services des Mines*, 36: 1-142.
- Brenon, P. 1972.** *The geology of Madagascar*. In *Biogeography and ecology in Madagascar*, eds. R. Battistini & G. Richard-Vindard, pp. 27-86. W. Junk, The Hague.
- Brühl, C. A. 1997.** Flightless insects: a test case for historical relationships of African mountains. *Journal of Biogeography*, 24: 233-250.
- Burney, D. A. 1987a.** Late Quaternary stratigraphic charcoal records from Madagascar. *Quaternary Research*, 28: 274-280.
- Burney, D. A. 1987b.** Pre-settlement vegetation changes at Lake Tritrivakely, Madagascar. *Paleoecology of Africa*, 18: 357-81.
- Burney, D. A. 1993.** Late Holocene environmental changes in arid southwestern Madagascar. *Quaternary Research*, 40: 98-106.
- Burney, D. A. 1997.** Theories and facts regarding Holocene environmental change before and after human colonization. In *Natural change and human impact in Madagascar*, eds. S. M. Goodman & B. D. Patterson, pp. 75-89. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Burney, D. A. 1999.** Rates, patterns, and processes of landscape transformation and extinction in Madagascar. In *Extinctions in near time*, ed. R. D. E. MacPhee, pp. 145-64. Kluwer Academic/Plenum, New York.
- Burney, D. A. & Ramilisonina. 1998.** The *kilopilopitsofy*, *kidoky*, and *bokyboky*: accounts of strange animals from Belo-sur-Mer, Madagascar, and the megafaunal "extinction window." *American Anthropologist*, 100: 957-966.
- Burney, D. A., James, H. F., Grady, F. V., Rafamantanantsoa, J.-G., Ramilisonina, Wright, H. T. & Cowart, J. B. 1997.** Environmental change, extinction, and human activity: evidence from caves in NW Madagascar. *Journal of Biogeography*, 24: 755-767.
- Burney, D. A., Burney, L. P., Godfrey, L. R., Jungers, W. L., Goodman, S. M., Wright, H. T. & Jull, A. J. T. 2004.** A chronology for late prehistoric Madagascar. *Journal of Human Evolution*, 47: 25-63.

- Burney, D. A., Vasey, N., Godfrey, L. R., Ramilisonina, Jungers, W. L., Ramarolahy, M. & Raharivony, L. **Sous presse**. New findings at Andrahomana Cave, southeastern Madagascar. *Journal of Cave and Karst Studies*.
- Colyn, M., Gautier-Hion, A. & Verheyen, W. **1991**. A reappraisal of palaeoenvironmental history in Central Africa: evidence for a major fluvial refuge in the Zaire basin. *Journal of Biogeography*, 18: 403-407.
- Cornet, A. **1974**. *Essai de cartographie bioclimatique à Madagascar*. Notice explicative n°55, ORSTOM, Paris.
- deMenocal, P. B. **2004**. African climate change and faunal evolution during the Pliocene–Pleistocene. *Earth and Planetary Science Letters*, 220: 3–24.
- de Wit, M. J. **2003**. Madagascar: Heads it's a continent, tails it's an island. *Annual Review of Earth & Planetary Sciences*, 31: 213–248.
- Dewar, R. E. & Richard, A. F. **2007**. Evolution in the hypervariable environment of Madagascar. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104: 13723-13727.
- Du Puy, D. J. & Moat, J. **1996**. A refined classification of the primary vegetation of Madagascar based on the underlying geology: Using GIS to map its distribution and to assess its conservation status. In *Biogéographie de Madagascar*, ed. W. R. Lourenço, pp. 205–218. ORSTOM, Paris.
- Evans, S. E., Jones, M. E. H. & Krause, D. W. **2008**. A giant frog with South American affinities from the Late Cretaceous of Madagascar. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105: 2951-2956.
- Faramalala, M. H. **1988**. *Etude de la végétation de Madagascar à l'aide des données spatiales*. Ph.D thesis, Université de Paul Sabatier de Toulouse, Toulouse.
- Faramalala, M. H. **1995**. *Formations végétales et domaine forestier national de Madagascar*. Scale 1:1 000 000. Conservation International, Washington, D.C. et DEF, CNRE et FTM, Antananarivo.
- Flacourt, E. de. **1658** [réimprimé en 1995]. *Histoire de la Grande Isle Madagascar*. Edition présentée et annotée par Claude Allibert. INALCO-Karthala, Paris.
- Gasse, F. & van Campo, E. **1998**. A 40,000 year pollen and diatom records from Lake Tritrivakely, Madagascar, in southern Tropics. *Quaternary Research*, 49: 299–311.
- Godfrey, L. R. & Jungers, W. L. **2002**. Quaternary fossil lemurs. In *The primate fossil record*, ed. W. Hartwig, pp. 97–122. Cambridge University Press, New York.
- Godfrey, L. R., Jungers, W. L., Simons, E. L., Chatrath, P. S. & Rakotosamimanana, B. **1999**. Past and present distributions of lemurs in Madagascar. In *New directions in lemur studies*, eds. B. Rakotosamimanana, H. Rasamimanana, J. U. Ganzhorn & S. M. Goodman, pp. 19–53. Kluwer Academic/Plenum, New York.
- Gommery, D., Zieglé, P., Ramanivosoa, B. & Cauvin, J. **1998**. Découverte d'un nouveau site à lémuriers sub-fossiles dans les karsts malgaches. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, série 2a, 326: 823–26.
- Gommery, D., Senegas, F., Mein, P., Tombomiadana, S., Ramanivosoa, B., Cauvin, J. & Cauvin, C. **2003**. Résultats préliminaires des sites subfossiles d'Antsingiavo (Madagascar). *Comptes Rendus Palevol*, 2: 639-648.
- Goodman, S. M. **1994**. Description of a new species of subfossil eagle from Madagascar: *Stephanoaetus* (Aves: Falconiformes) from the deposits of Ampasambazimba. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 107: 421–28.
- Goodman, S. M. **1999**. Holocene bird subfossils from the sites of Ampasambazimba, Antsirabe and Ampoza, Madagascar: changes in the avifauna of south central Madagascar over the past few millennia. In *Proceedings of the 22nd International Ornithological Congress*, eds. N. J. Adams & R. H. Slotow, pp. 3071-3083. BirdLife South Africa, Johannesburg.
- Goodman, S. M. & Ganzhorn, J. U. **2004a**. Biogeography of lemurs in the humid forests of Madagascar: The role of elevational distribution and rivers. *Journal of Biogeography*, 31: 47-55.
- Goodman, S. M. & Ganzhorn, J. U. **2004b**. Elevational ranges of lemurs in the humid forests of Madagascar: The role of geological history in molding community composition. *International Journal of Primatology*, 25: 331-350.
- Goodman, S. M. & Rakotondravony, D. **1996**. The Holocene distribution of *Hypogeomys* (Rodentia: Muridae: Nesomyinae) on Madagascar. In *Biogéographie de Madagascar*, ed. W. R. Lourenço, pp. 283–293. ORSTOM, Paris.
- Goodman, S. M. & Rakotozafy, L. M. A. **1997**. Subfossil birds from coastal sites in western and southwestern Madagascar: A paleoenvironmental reconstruction. In *Natural change and human impact in Madagascar*, eds. S. M. Goodman & B. D. Patterson, pp. 257–79. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Goodman, S. M. & Ravoavy, F. **1993**. Identification of bird subfossils from cave surface deposits at Anjohibe, Madagascar, with a description of a new giant *Coua* (Cuculidae: Couinae). *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 106: 24–33.
- Goodman, S. M. & Soarimalala, V. **2005**. A new species of *Macrotarsomys* (Rodentia: Muridae: Nesomyinae) from southwestern Madagascar. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 118: 450-464.
- Goodman, S. M., Rasoloarison, R. M. & Ganzhorn, J. U. **2004**. On the specific identification of subfossil *Cryptoprocta* (Mammalia, Carnivora) from Madagascar. *Zoosystema*, 26: 129-143.
- Goodman, S. M., Vasey, N. & Burney, D. A. **2006**. The subfossil occurrence and paleoecological implications of *Macrotarsomys petteri* (Rodentia: Nesomyidae) in extreme southeastern Madagascar. *Palevol*, 5: 953–962.
- Goodman, S. M., Vasey, N. & Burney D. A. **2007b**. Description of a new species of subfossil shrew tenrec (Afrosoricida: Tenrecidae: *Microgale*) from cave

- deposits in southeastern Madagascar. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 120: 367-376.
- Goodman, S. M., Raselimanana, A. P. & Wilmé, L. (eds.). 2007a.** Inventaires de la faune et de la flore du couloir forestier d'Anjozorobe – Angavo. Centre d'Information et de Documentation Scientifique et Technique, Antananarivo, *Recherches pour le Développement*, série Sciences biologiques, 24: 1-217.
- Goodman, S. M., Ganzhorn, J. U. & Rakotondravony, D. 2008.** Les Mammifères. Dans *Paysages Naturels et Biodiversité de Madagascar*, ed. S. M. Goodman, pp. 435-484. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris.
- Harper, G. J., Steininger, M.K., Tucker, C. J., Juhn, D. & Hawkins, F. 2007.** Fifty years of deforestation and fragmentation in Madagascar. *Environmental Conservation*, 34 (4): 1-9.
- Humbert, H. 1965.** Description des types de végétation. Dans Notice de la carte de Madagascar, eds. H. Humbert & G. Cours Darne. *Travaux de la Section scientifique et Technique de l'Institut français de Pondichéry*, hors série, 6: 46-78.
- Jungers, W. L., Demes, B. & Godfrey, L. R. 2007.** How big were the "giant" extinct lemurs of Madagascar? In *Elwyn Simons: A search for origins*, eds. J. G. Fleagle & C. C. Gilbert, pp. 343-360. Springer, New York.
- Koechlin, J., Guillaumet, J.-L. & Morat, P. 1974.** *Flore et végétation de Madagascar*. J. Cramer, Vaduz.
- Krause, D. W., Hartman, J. H. & Wells, N. A. 1997.** Late Cretaceous vertebrates from Madagascar: Implications for biotic change in deep time. In *Natural change and human impact in Madagascar*, eds. S. M. Goodman & B. D. Patterson, pp. 3–43. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Krause, D. W., Evans, S. E. & Gao, K.-Q. 2003.** First definitive record of Mesozoic lizards from Madagascar. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 23: 842-856.
- Leal, M. E. 2004.** *The African rain forest during the Last Glacial Maximum: an archipelago of forest in a sea of grass*. Ph.D. thesis, Wageningen University, The Netherlands.
- Louis Jr. E. E., Engberg, S. E., Lei, R., Geng, H., Sommer, J. A., Randriamampionona, R., Randriamanana, J. C., Zaonarivelo, J. R., Andriantompohavana, R., Randria, G., Prosper, Ramaromilanto, B., Rakotoarisoa, G., Rooney, A. & Brenneman, R. A. 2006.** Molecular and morphological analyses of the sportive lemurs (Family Megalopidae: genus *Lepilemur*) reveals 11 previously unrecognized species. *Special Publications, Museum of Texas Tech University*, 49: 1-47.
- MacPhee, R. D. E. 1986.** Environment, extinction, and Holocene vertebrate localities in southern Madagascar. *National Geographic Research*, 2: 441–55.
- MacPhee, R. D. E. 1994.** Morphology, adaptations, and relationships of *Plesiorcycteropus*, and a diagnosis of a new order of eutherian mammals. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 220: 1–214.
- MacPhee, R. D. E. & Burney, D. A. 1991.** Dating of modified femora of extinct dwarf Hippopotamus from southern Madagascar: implications for constraining human colonization and vertebrate extinction events. *Journal of Archaeological Science*, 18: 695-706.
- Martin, R. D. 1972.** Adaptive radiation and behaviour of the Malagasy lemurs. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 264: 295-352.
- Martin, R. D. 2000.** Origins, diversity and relationships of lemurs. *International Journal of Primatology*, 21: 1021-1050.
- Masters, J. C., de Wit, M. J. & Asher, R. J. 2006.** Reconciling the origins of Africa, India and Madagascar with vertebrate dispersal scenarios. *Folia Primatologica*, 77: 399-418.
- Matsumoto, K. & Burney, D. A. 1994.** Late Holocene environmental changes at Lake Mitsinjo, northwestern Madagascar. *The Holocene*, 4: 16-24.
- Mayr, E. & O'Hara, R. J. 1986.** The biogeographic evidence supporting the Pleistocene forest refuge hypothesis. *Evolution*, 40: 55-67.
- Moat, J. & Smith, P. 2007.** *Atlas de la végétation de Madagascar*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Muldoon, K. M. & Simons, E. L. 2007.** Ecogeographic size variation in small-bodied subfossil primates from Ankililoto, southwestern Madagascar. *American Journal of Physical Anthropology*, 134: 152-161.
- Olivieri, G., Zimmermann, E., Randrianambinina, B., Rasoloharijaona, S., Rakotondravony, D., Guschanski, K. & Radespiel, U. 2007.** The ever-increasing diversity in mouse lemurs: three new species in north and northwestern Madagascar. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 43: 309-327.
- Parcs Nationaux Madagascar. 2003.** *Madagascar protected area system management plan*. ANGAP, Antananarivo.
- Perez, V. R., Godfrey, L. R., Nowak-Kemp, M., Burney, D. A., Ratsimbazafy, J. & Vasey, N. 2005.** Evidence of early butchery of giant lemurs in Madagascar. *Journal of Human Evolution*, 49: 722-742.
- Perrier de la Bâthie, H. 1921.** La végétation malgache. *Annales de l'Institut Botanico-géologique Colonial de Marseille*, série 3, 9: 1-226.
- Phillipson, P. B. 1996.** Endemism and non-endemism in the flora of south-west Madagascar. In *Biogéographie de Madagascar*, ed. W. R. Lourenço, pp. 125–36. ORSTOM, Paris.
- Poux, C., Madsen, O., Marquard, E., Vieites, D. R., de Jong, W. W. & Vences, M. 2005.** Asynchronous colonization of Madagascar by the four endemic clades of primates, tenrecs, carnivores, and rodents as inferred from nuclear genes. *Systematic Biology*, 54: 719-730.
- Prigogine, A. 1987.** Disjunctions of montane forest birds in the Afro-tropical region. *Bonner Zoologische Beiträge*, 38: 191-207.
- Radimilahy, C. 1997.** Mahilaka, an eleventh- to fourteenth-century Islamic port: the first impact of urbanism in Madagascar. In *Natural change and human impacts in Madagascar*, eds. S. M. Goodman & B. D. Patterson,

pp. 342-363. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.

Samonds, K. E. 2007. Late Pleistocene bat fossils from Anjohibe Cave, northwestern Madagascar. *Acta Chiropterologica*, 9: 39–65.

Simons, E. L., Simons, V. F. H., Chatrath, P. S., Muldoon, K. M., Oliphant, M., Pistole, N. & Savvas, C. 2004. Research on subfossils in southwestern Madagascar and Ankilitelo Cave. *Lemur News*, 9:12-16.

Sommer, S., Toto Volahy, A. & Seal, U. S. 2002. A population and habitat viability assessment for the highly endangered giant jumping rat (*Hypogeomys antimena*), the largest extant endemic rodent of Madagascar. *Animal Conservation*, 5: 263-273.

Straka, H. 1996. Histoire de la végétation de Madagascar oriental dans les derniers 100 millénaires. Dans

Biogéographie de Madagascar, ed. W. R. Lourenço, pp. 49-58. Editions de l'ORSTOM, Paris.

Wilmé L., Goodman, S. M. & Ganzhorn, J. U. 2006. Biogeographic evolution of Madagascar's microendemic biota. *Science*, 312: 1063-1065.

Wright, H. T., Andrianaivoarivony, R., Bailiff, I., Burney, D., Haas, H., Raharijaona, V., Rakotovololona, S., Rasamuel, D. & Dewar, R. 1992. Datation absolue de sites archéologiques du centre de Madagascar: présentation des déterminations. *Taloha*, 11: 121-146.

Wright, H. T., Vérin, P., Ramilisonina, Burney, D. A., Burney, L. P. & Matsumoto, K. 1996. The evolution of settlement systems in the Bay of Boeny and the Mahavavy River valley, north-western Madagascar. *Azania*, 32: 37-73.