

Éditeurs scientifiques

Georges Serpantié
Rasolofoharino
Stéphanie Carrière

Transitions agraires, dynamiques écologiques et conservation

Actes du Séminaire GEREM
Antananarivo, 9-10 novembre 2006



Le «corridor» Ranomafana - Andringitra MADAGASCAR

IRD
Institut de recherche
pour le développement

CITE
Famokarana - Fampihoriana
Mamor - Ombanjo

Transitions agraires, dynamiques écologiques et conservation

Le « corridor » Ranomafana - Andringitra
(Madagascar)

Transitions agraires, dynamiques écologiques et conservation

Le « corridor » Ranomafana - Andringitra
(Madagascar)

Georges Serpantié, Rasolofoharinoro, Stéphanie Carrière
Éditeurs scientifiques

Co-édition
CITE
et
IRD (Institut de Recherche pour le Développement)

2007

Préparation du manuscrit
Noly Razanajaonarijery

Préparation éditoriale, coordination, fabrication
Randriamasimanana Nivo Sahondra

Mise en page et maquettes
Christobelle Andrianarivelo

Maquette de couverture
Stève Ramiaramanantsoa

Photos de couverture
Le terroir forestier de Befijera (Fkt Amindrabe, Commune Androy), Avril 2007.
© IRD / S. Carrière

La récolte du riz à lambara (Fkt lambara, Commune Androy), Février 2006.
© IRD / G. Serpantié

Nous remercions vivement le comité restreint qui a assuré la relecture des manuscrits :
Dr Stéphanie Carrière (écologue), Dr Philippe Collas de Châtelpeyron (forestier), Dr Roger Edmond (écologue), Dr Emmanuel Fauroux (anthropologue), Dr Christian Feller (pédologue), Dr Dominique Hervé (agronome), Dr Philippe Méral (économiste), Monica Picot (zoologiste), Prof. Charlotte Rajeriarson (écologue), Dr Rasolofoharinoro (écologue-géographe), Dr Samuel Razanaka (écologue), Dr Philip Roche (écologue), Dr Georges Serpantié (agronome), Aurélie Toillier (agronome).

© CITE, 2007
ISBN 978-2-915064-20-9
www.cite.mg / cite@cite.mg

© IRD, 2007
ISBN 978-2-7099-1639-4
www.ird.fr / editions@paris.ird.fr

Imprimé par MYE Madagascar
mye@moov.mg

DLE R64/11/07

Sommaire

	pages
Introduction : Le programme GEREM Fianarantsoa : objectifs et démarches <i>Serpantié G., Carrière S. & Rasolofoharinoro</i>	9
1^{ère} partie Dynamiques environnementales entre forêt et agriculture	15
Chapitre 1. A l'Est de Madagascar, le relief structure les paysages <i>Serpantié G., Toillier A. & Carrière S.</i>	17
Chapitre 2 Origines climatique et humaine des couloirs forestiers <i>Serpantié G., Rakotonirina A., Carrière S., Rakotondramanana M. & Ramarorazana B</i>	27
Chapitre 3 Le couloir forestier de Fianarantsoa : forêt " primaire " ou forêt des hommes <i>Carrière S.M., Ratsimisetra L. & Roger Edmond</i>	39
Chapitre 4 Déforestation à Fianarantsoa au 20^{ème} siècle : un corridor en sursis <i>Serpantié G., Toillier A., Carrière S. & Razanaka S.</i>	47
Chapitre 5 Dynamiques rurales betsileo à l'origine de la déforestation actuelle, <i>Serpantié G. & Toillier A.</i>	57
Chapitre 6 Un automate cellulaire pour modéliser l'aménagement des bas-fonds en fonction du peuplement <i>Rakotoasimbahoaka C.R., Serpantié G., Toillier A., Treuil J.P., Ramamonjisoa A.B.O. & Hervé D.</i>	69
Introduction au débat Comment les différents acteurs de la gestion de l'environnement se représentent-ils les populations locales, la forêt, la déforestation ? <i>Smektala G.</i>	79

Chapitre 7

La diversité des plantes cultivées dans la région de Fianarantsoa

Radanielina T., Carrière S. & Serpantié G.

85

Chapitre 8

**Hétérogénéité des paysages, dispersion des graines et biodiversité :
le cas d'Ambendrana (Hautes-Terres)**

Carrière S., Roche Ph., Viano M., Ifticène E., Picot Manuel M. & Taton T.

97

Chapitre 9

**Influence des pratiques agricoles sur les successions végétales en lisière ouest
du corridor Ranomafana-Andringitra**

Randriamalala R.J., Serpantié G. & Carrière S.

107

Chapitre 10

**Simulation stochastique de l'historique de parcelles forestières depuis leur première défriche :
le cas du corridor forestier de Fianarantsoa, Madagascar**

Ratiarson V., Treuil J.P., Ramamonjisoa B.O., Carrière S.M., Randriamalala J. & Hervé D.

117

Chapitre 11

**Dynamique du système d'élevage bovin dans une zone forestière des Hautes Terres
de Madagascar**

Ranaivoson R., Ranaivoarivelo N., Ramanarivo S. & Serpantié G.

127

Chapitre 12

**Pâturage, diversité floristique et production d'une savane des Hautes Terres malgaches
(région de Fianarantsoa)**

Rakotoarimanana V., Gondard H., Ranaivoarivelo N. & Carrière S.

139

Chapitre 13

**Biodiversité et régénération dans les plantations de pins et d'acacia après perturbation,
Androy Fianarantsoa**

Randriambanona H. & Carrière S.

145

Chapitre 14

La contrainte érosion chez les Tanala : savoirs, perceptions et gestion

Rakotoson D.J., Rakotonirina A. & Serpantié G.

155

Introduction au débat

**Quelles connaissances faut-il mobiliser pour identifier et accompagner
des mesures de conservation ?**

Belvaux E.

167

Chapitre 15	
Valorisation et contrôle des plantes introduites	
<i>Carrière S., Randriambanona H. & Randrianasolo E.</i>	171
Chapitre 16	
Mise en défens forestière et durabilité de l'exploitation des essences forestières : le cas de 5 espèces ligneuses	
<i>Carrière S.M., Ratolojanahary M. & Randimbison A.</i>	181
Chapitre 17	
La banane, potentiel et fragilités d'une production peu déforestante	
<i>Tsirilaza J., Serpantié G. & Ramiaramanana J.</i>	193
Chapitre 18	
Afforestation en lisière du corridor : un puits de carbone potentiel ?	
<i>Razafindramanana N., Serpantié G., Carrière S., Razafindrakoto M.A., Blanchart E. & Albrecht A.</i>	205
Chapitre 19	
Intensifier la riziculture autour du corridor : l'offre technique est-elle adaptée à la diversité des situations et des ménages ?	
<i>Serpantié G., Ramiarantsoa M., Rakotondramanana M., Toillier A.</i>	213
Chapitre 20	
Stratégies spatiales des paysans en réponse à la conservation des forêts	
<i>Toillier A.</i>	225
Chapitre 21	
Pour une recherche-action sur l'aménagement des territoires ruraux dans le cadre de la gestion contractualisée des forêts	
<i>Toillier A.</i>	235
Chapitre 22	
Gérer la forêt du corridor ou aménager l'espace régional ?	
<i>Toillier A. & Serpantié G.</i>	243
Introduction au débat : un point de vue d'acteur	
L'avenir du corridor forestier Ranomafana - Andringitra	
<i>Freudenberger Mark S. & Razanajatovo S.</i>	253

Références bibliographiques	259
Remerciements	275
Contacts auteurs et éditeurs	277

Introduction

Le programme GEREM Fianarantsoa : objectifs et démarches

Serpantié G., Carrière S. & Rasolofoharinoro

Concilier deux objectifs aussi ambitieux que le développement rural et la conservation des forêts exige un bon éclairage de la scène. C'est le rôle de la recherche. De nombreuses connaissances existent déjà sur la biodiversité, sur les sociétés et leurs modes de vie. Pourtant peu d'études se sont données comme objectifs de mieux comprendre les interactions entre le milieu et ses habitants, et d'en tirer des résultats directement utilisables par les gestionnaires de l'environnement et du développement, qui, désormais, travaillent ensemble. Ces derniers doivent parfois réaliser des compromis quand les intérêts des hommes et ceux de la conservation de la nature sont trop contradictoires. Afin de les élaborer en connaissance de cause, la science apporte des informations fiables, potentiellement sources de solutions. C'est le défi que s'est donné dès 1996 le programme GEREM (Gestion des Espaces Ruraux et Environnement à Madagascar). Ce programme résulte d'un partenariat entre le Centre National de Recherche sur l'Environnement (Madagascar, Département " Ecosystèmes Terrestres "), et l'IRD (France, Département " Ressources Vivantes " puis " Société et Santé ")¹. Cet ouvrage regroupe les actes du séminaire de restitution de la deuxième phase, qui a eu lieu les 9-10 novembre 2006 à Antananarivo, sanctionnant trois années de recherche. Dans cette introduction, le contexte scientifique, les résultats de la première phase (1996-2002) ainsi que le contexte, les objectifs et la démarche de la deuxième phase (2003-2007), objet de cette restitution, seront présentés.

Contexte et programme

Les modes de vies des peuples des forêts tropicales évoluent sous l'effet de nombreux facteurs tels que l'accroissement démographique, les migrations, la promotion d'une agriculture (ou d'un élevage) à orientation spéculative, le déclin des pouvoirs traditionnels dans la gestion des ressources, la libéralisation de l'économie, etc. Ces changements peuvent entraîner des déséquilibres entre l'exploitation des ressources naturelles et leurs dynamiques de régénération. Les milieux exploités peuvent alors subir une dégradation parfois irréversible mettant en péril la durabilité de l'exploitation et la biodiversité. Dans de telles situations de changement rapide, le référentiel technique des communautés rurales devient insuffisant pour une éventuelle adaptation. Leur vulnérabilité s'accroît tandis que des crises sociales, liées à une concurrence pour l'appropriation de ressources naturelles peuvent survenir.

Des adaptations peuvent cependant naître de ces difficultés, les initiatives individuelles prenant le pas sur la gestion communautaire des ressources. De nouvelles activités émergent avec des changements d'affectation des différents espaces. Ainsi des contradictions apparaissent entre les impératifs de la production et ceux de la conservation, entre les intérêts individuels et collectifs, requérant des solutions ou des compromis.

¹ Les unités de recherches IRD concernées par ce programme ont été l'UR 100 : " Transitions Agraires et Dynamiques Ecologiques " puis l'UR 168 : " Dynamiques environnementales entre forêt, agriculture et biodiversité, des pratiques locales sur la nature aux politiques publiques ".

De plus, les mesures de développement et de conservation apportent de nouvelles contraintes, mais aussi de nouvelles possibilités d'innovations techniques, économiques et sociales. Les populations rurales sont incitées à innover, mais souvent dans un contexte d'incertitude et d'information imparfaite. Certaines innovations proposées permettent de résoudre des problèmes spécifiques, à plus ou moins long terme, d'autres débouchent sur des impasses, ou de nouveaux problèmes inattendus. Les situations de cette nature entraînent parfois des " transitions agraires " ². Elles sont au cœur des préoccupations du programme GEREM, dont l'objectif scientifique est d'apporter un éclairage sur les interactions natures-sociétés à Madagascar dans des régions où les enjeux environnementaux et de lutte contre la pauvreté sont très prégnants. Pour cela, les interactions entre les systèmes agraires en transition et les systèmes écologiques doivent être analysées, spatialisées et modélisées à différentes échelles d'espace et de temps.

Après un premier programme mené en zone forestière sèche au Sud-Ouest dans la région de Tuléar (1996-2002), le programme GEREM-Fianarantsoa a été initié en 2003 en zone forestière humide, dans la région du couloir forestier Ranomafana-Andringitra. Le choix s'est porté sur deux régions écologiquement et humainement contrastées afin d'embrasser en partie la diversité des situations malgaches. Ce nouveau terrain, à la différence du premier, fait l'objet de mesures de conservation, dans le cadre de la mise en place du Système des Aires Protégées de Madagascar.

Résultats du programme GEREM Tuléar

De 1996 à 2002, le programme Gerem-Tulear, centré sur la forêt des Mikea et le plateau Mahafaly, a étudié les relations entre les systèmes agraires et les écosystèmes forestiers du Sud-Ouest subaride dont la dégradation est apparue particulièrement rapide et irréversible (Razanaka et al., 2001). Les causes de cette dynamique sont d'origines diverses. Cette zone est caractérisée par l'importance des migrations agro-pastorales mais aussi de citadins. Les opportunités économiques pour la culture du maïs, l'introduction de l'élevage dans les jachères, les déficiences du service des Eaux et Forêts (phase de désengagement de l'Etat liée aux plans d'ajustement structurel) et la course à la terre résultant des rivalités entre les sociétés autochtones et les migrants ont favorisé la dynamique de déforestation. Sous l'effet de ces pressions, l'écosystème de cette région a perdu ses capacités de maintien et de régénération, entraînant une perte de biodiversité.

Ces résultats ont contribué à aider les organismes de conservation et de développement à élaborer des mesures appropriées en faveur des écosystèmes du Sud-Ouest et des populations qui en dépendent. Des pistes d'action et de suivi ont été proposées : soutenir des filières alternatives (arachide) pour valoriser les friches, mettre en oeuvre avec les riverains une approche de gestion du territoire prenant en compte à la fois le fonctionnement de l'écosystème, les contraintes agricoles et les modes de vie des différents groupes sociaux, et une meilleure valorisation de la forêt.

Contexte des forêts de l'Est

Les forêts humides de l'Est de Madagascar sont réputées à la fois pour leur richesse en espèces, un taux d'endémisme exceptionnel, la valeur de leurs essences de bois précieux, et pour leurs dynamiques rapides de déforestation (Humbert, 1927 ; Green & Sussman ; 1990). Les populations

² situations agraires instables, en recomposition, dans lesquelles les marges de manoeuvre se réduisent, posant de façon aiguë des questions de viabilité écologique, technique, économique et sociale (Milleville, 2000).

rurales ont été désignées comme responsables du recul du couvert forestier. A travers ces populations, des phénomènes ont été identifiés comme étant à l'origine de la déforestation : la croissance démographique et le *tavy*, culture vivrière temporaire sur défriche-brûlis. Les forêts relictuelles et terres environnantes sont devenues le théâtre de conflits de gestion entre les différents usagers (paysans, exploitants forestiers ou miniers), les services de l'Etat, et de nouveaux acteurs aux intérêts parfois divergents : promoteurs de l'écotourisme, ou agro-industriels cherchant des terres pour les plantations (jatropha, canne à sucre etc).

La politique de gestion de ces espaces forestiers a fortement évolué depuis les anciens règlements autoritaires et des modes de gestion sectoriels jusqu'aux programmes actuels de conservation se voulant intégrés et participatifs (Weber, 1995 ; Bertrand & Randrianaivo, 2003 ; Rakoto Ramiarantsoa & Blanc-Pamard, 2003; Kull, 2004).

Les multiples actions de conservation menées depuis la fin des années quatre-vingt dix symbolisent désormais la volonté de l'Etat malgache, appuyée par des ONG internationales de conservation de la nature, de grands bailleurs de fonds ainsi que par les institutions onusiennes³, d'enrayer la déforestation.

A ce contexte politique s'ajoutent également des difficultés économiques propres à la région de Fianarantsoa, classée de longue date parmi les plus pauvres de Madagascar, du fait, d'abord, de ses fortes concentrations de populations rurales (populations betsileo et côtières, Deschamps, 1959) et plus récemment, suite à la crise de certaines filières agricoles dans le bas pays, telles que celle du café (Blanc-Pamard & Ruf, 1992). De tels contextes sont sensibles, les forêts pouvant servir de ressources d'appoint en matière forestière et foncière.

Alors que les zones humides de Madagascar étaient plus richement couvertes de forêts avant l'arrivée de l'homme sur l'île, il y a deux millénaires, la forêt naturelle de l'Est dans la région de Fianarantsoa subsiste essentiellement sous forme d'un couloir étroit et discontinu⁴. Le " couloir Ranomafana-Andringitra (R.A.) " constitue la partie continue, d'une dizaine de kilomètres de largeur, qui relie les deux parcs nationaux de Ranomafana et d'Andringitra, et ce dernier à la Réserve Spéciale du Pic d'Ivohibe (Figure carnet central 1). Sa richesse biologique, en particulier son taux exceptionnel d'endémisme, est un fait acquis (Goodman & Razafindratsita, 2001). Son rôle potentiel de corridor écologique assurant les flux de gènes et l'adaptation des populations biologiques à long terme sont de plus perçus comme essentiels pour la conservation de la biodiversité régionale, bien que cela ne soit pas encore établi scientifiquement (Carrière-Buchsenschutz, 2006). Mais les enjeux de conservation des forêts naturelles de la région de Fianarantsoa dépassent de loin la seule conservation de la biodiversité qu'elles abritent : les forêts produisent du bois, dont certaines essences offrent des matériaux de grande qualité à des artisans locaux au savoir-faire réputé, divers produits (miel, bambous, plantes médicinales...) et abritent du gibier. Elles sont susceptibles de rendre des services écologiques : la régulation des crues, la protection des versants et des sources, des effets sur les climats environnants et sur l'atmosphère car elles représentent un stock de carbone. Enfin, elles portent des valeurs esthétique, patrimoniale, symbolique et identitaire, qui justifient aussi des mesures de protection, la participation des populations riveraines à leur gestion, et l'aménagement de sites touristiques.

Deux fronts de défriche, de chaque côté, menacent la pérennité ce couloir forestier (Rabetaliana et al., 2000). Dans un contexte de décentralisation pour la gestion des forêts, plusieurs ONG tentent

³ Six parcs nationaux (Marojejy, Masoala, Zahamena, Ranomafana, Andringitra, et Andohahela) situés dans l'écorégion des forêts humides de l'Est malgache sont inscrits au Patrimoine mondial de l'UNESCO depuis le 27 Juin 2007.

⁴ sur 9% de la surface de la province de Fianarantsoa, avec un taux annuel de perte de couvert de 1,2% (CI, 2002)

d'organiser, dans les cadres stratégiques du Plan d'Actions Environnementales 3 (PAE 3, 2003-2007) et du Madagascar Action Plan, la conservation de ces forêts. Ces ONG appliquent les nouvelles législations relatives au transfert de gestion des forêts aux populations locales et accompagnent les effets collatéraux de la conservation par des projets d'intensification et de diversification agricole, de reboisement, d'éducation environnementale et d'aménagement des infrastructures économiques.

La région du corridor fait frontière entre les Hautes-Terres betsileo et le Bas-Pays tanala (Figure carnet central 1). La lisière ouest est occupée par les populations betsileo pratiquant une riziculture irriguée relativement intensive, ainsi que des cultures pluviales sur les flancs des collines, une exploitation forestière artisanale et un peu d'élevage. Tandis qu'à l'Est, les populations tanala pratiquent une agriculture itinérante sur défriche-brûlis relativement extensive (sur forêt ou sur jachères arbustives) associée à diverses cultures de rente (café, canne à sucre, banane). Dans cette région complexe s'opère une transition agraire sous l'influence entre autres de la pression démographique, des chutes des prix des productions agricoles, des mesures de conservation et des transformations du milieu écologique.

Peu de données sont disponibles sur l'intensité de la déforestation et sur les causes et les conséquences de l'activité humaine sur le milieu et sa biodiversité. Les lieux où une action serait la plus nécessaire et la plus urgente sont encore mal connus.

Ce couloir a été le premier site à faire l'objet de mesures de conservation, depuis 2000. Alors que leur efficacité et leurs conséquences ne sont pas encore identifiées, les projets d'extension des aires protégées, avec la création de nouvelles catégories (les NAP) sont déjà en cours dans le couloir R.A.. En 2006, ces mesures ont été étendues jusqu'à Fandriana au Nord et Vondrozo au Sud ainsi qu'à des forêts isolées (figure carnet central 31). L'urgence de la conservation d'un ensemble forestier très élargi semble avoir pris le pas sur la prise en compte de la diversité des processus de déforestation et sur la recherche de compromis avec les dynamiques de développement locales (Carrière - Buchsenschutz, 2006). Il convient donc de nuancer les constats alarmistes de déforestation affichés par les acteurs de la conservation, non seulement pour se rapprocher d'une analyse plus fine des processus, mais aussi pour identifier les pistes d'une meilleure intégration du développement rural et de la conservation des forêts.

Objectifs et démarche du programme GEREM-Fianarantsoa

Les recherches de ce programme ont été centrées sur les interactions entre les pratiques d'exploitation et usages locaux et la dynamique des milieux, qu'il s'agisse de milieux naturels ou plantés. L'accent a été mis sur l'analyse des dynamiques spatiales en relation avec l'évolution des politiques environnementales.

Les questions et hypothèses de recherche se posent à différentes échelles d'espaces et de temps et sont abordées par trois axes disciplinaires majeurs :

- une recherche agronomique *sensu lato* essentiellement axée sur la dynamique et la répartition des contraintes et des ressources, des systèmes de production et d'activités aux échelles région, territoires villageois, unité de production, et parcelle ou troupeau (fonctionnement, logiques, rôles, changements d'états des milieux exploités, productivité et viabilité) ;
- une recherche en écologie axée sur la dynamique des espèces et des milieux à travers les successions végétales (régénération forestière), les interactions plantes-animaux (pour la dispersion des graines), le rôle des perturbations sur ces dynamiques et la fonctionnalité du paysage ;
- une recherche en sciences humaines (géographie, ethnosciences) axée sur les relations des sociétés rurales à leur espace ainsi qu'à leur environnement naturel (savoirs et usages de la nature), social et politique, à deux échelles, régions, et territoires villageois.

Ces investigations complémentaires ont été menées puis des objets communs d'étude ont été identifiés pour constituer des thèmes de recherche interdisciplinaires. Dans chaque thème, une approche spatiale à différentes échelles (couloir, territoire villageois) a été associée à une analyse des processus impliquant à la fois l'homme (les systèmes de production, les empreintes de la société sur l'espace) et la nature (le milieu physique, les écosystèmes et les paysages).

Le premier de ces thèmes communs a porté sur la structure et l'évolution du couloir dans les domaines physique, biologique et humain. Le second a analysé les systèmes d'exploitation (activités et espace), à travers une approche centrée sur les pratiques et les usages, les pratiques, la dynamique écologique de certaines ressources, et l'adaptation des populations rurales aux contraintes et opportunités (contraintes naturelles, socio-économiques, politiques et ressources disponibles). Le troisième thème visait à comprendre la dynamique des écosystèmes, leur origine, leur maintien, leur régénération afin de mettre en exergue la biodiversité qui se rattache à chacun de ces espaces pour les différentes étapes de la succession végétale après perturbation.

Deux démarches complémentaires ont d'abord été adoptées :

- une démarche d'analyse des processus au sein d'unités paysagères communes : la diversité, la structure et le fonctionnement des systèmes de production et des écosystèmes (niveau parcelle-station, niveau paysage) ont été étudiés. Les outils de base de cette démarche comprennent des suivis diachroniques et synchroniques, des enquêtes rétrospectives et des typologies. Par exemple, les paysages de cultures temporaires et de jachères ont été examinés à partir de dispositifs d'enquêtes communs impliquant plusieurs chercheurs s'intéressant ensemble au milieu végétal, au sol et à l'érosion, aux pratiques agricole, aux usages, à l'histoire culturelle, au foncier, et ce à trois échelles, la parcelle, le territoire de l'exploitation agricole et le versant ;
- une démarche de spatialisation, permettant d'identifier et de représenter les dynamiques écologiques et humaines et leurs interactions à trois niveaux : région, terroir et exploitation. Un système d'information géographique intégrant l'ensemble de ces données a été élaboré.

Ces investigations ont permis de produire, sous forme de mémoires et de publications (cartes, textes, modèles spatiaux formalisés ou chorèmes), des modèles graphiques ou littéraires de compréhension des systèmes, processus et dynamiques.

Cette première étape a fourni les éléments nécessaires pour une modélisation informatique de la dynamique d'occupation des sols au niveau régional et paysager. Cette démarche se poursuit à travers le programme " Modélisation de l'Environnement à Madagascar " (Univ. de Fianarantsoa-IRD UR 168, 2007-2009).

Les différents modèles produits (littéraires, graphiques, informatiques) permettent de valider voire de généraliser les résultats, puis de tester différents scénarios d'évolution de la forêt et des systèmes agraires. Ils constituent des outils d'aide à la décision particulièrement recherchés par les gestionnaires dans cette région.

Résultats et plan de la restitution

Le séminaire de restitution était organisé en quatre sessions suivies chacune d'un débat où des chercheurs, enseignants, étudiants, opérateurs et responsables en matière de développement et de conservation étaient invités à participer. Tous les thèmes abordés par l'équipe du programme GEREM-Fianarantsoa n'ont pu être présentés dans le cadre de ce séminaire.

Pour cet ouvrage, visant un large public, les éditeurs n'ont sélectionné que certains exposés. Des publications scientifiques couvrant l'ensemble des recherches menées sont déjà parues et d'autres sont à venir.

Les présentations sont organisées en trois parties.

- La première partie examine les dynamiques environnementales dans la région du couloir de Fianarantsoa. Le résumé du débat porte sur les manières dont les différents acteurs se représentent les populations locales, la forêt et la déforestation.
- La seconde partie rend compte des pratiques locales, des dynamiques écologiques qui s'ensuivent et de la construction des paysages. Le résumé du débat est consacré aux connaissances à mobiliser pour identifier et accompagner des mesures de conservation ou de gestion environnementale durable.
- La troisième partie évoque la diversité des réponses aux actions de conservation et de développement, puis aborde des pistes d'action et de recherche pour mieux concilier développement et conservation dans la gestion des activités et des territoires. Le résumé du débat qui a impliqué des acteurs importants de la gestion du couloir de Fianarantsoa (CMP, projet ERI, USAID, CI), porte sur l'avenir de ce " corridor ".

Première partie

Dynamiques environnementales entre forêt et agriculture

Chapitre 1

À l'Est de Madagascar, le relief structure les paysages

Serpantié G., Toillier A. & Carrière S.

Résumé : La déforestation des forêts de l'Est et leur richesse en espèces endémiques en font un " hot spot " de biodiversité. La morphologie en couloirs des derniers massifs forestiers renvoie à différentes hypothèses explicatives. Ils sont décrits comme les résidus de " fronts de déforestation ". Pourtant, un lien marqué entre ces reliques et la " zone de la falaise " apparaît à l'évidence, questionnant le lien entre paysage et géographie physique. La démarche adoptée étudie dans le cas du couloir Ranomafana-Andringitra la distribution des variables physiques primaires (géologie, relief, morphologie) à deux échelles (régionale et locale), puis la confronte au paysage régional ou local. A l'échelle régionale, le grand escarpement dont la pente n'est pas toujours raide est le principal organisateur des lisières du massif forestier, y compris de la frange ouest, qui apparaît à distance régulière de l'escarpement et a proximité de la ligne de partage des eaux. On retrouve sur la plupart des escarpements de l'Est malgache des reliques forestières dans la même position. Le paysage du couloir se structure alors en deux bandes : à l'Ouest, une mosaïque de forêts naturelles basses, de formations secondaires, de fourrés, de zones agricoles centrées sur les bas-fonds autour de quelques hameaux épars. A l'Est et sur le haut de l'escarpement (> 800 m), une bande quasi déserte sans bas-fonds, couverte de forêts naturelles hautes et secondaires soumises à la cueillette (miel, bambous, bois). Les mesures de gestion de l'espace forestier et plus généralement du territoire régional devraient prendre en compte ce rôle structurant du relief car les enjeux mais aussi les difficultés de la conservation seront eux mêmes inévitablement structurés par ces variations physiques.

Mots clé : Forêts, Est Madagascar, relief, géomorphologie, paysage

Ce chapitre se propose d'explicitier la répartition sous forme de couloirs des forêts de l'Est malgache. La géographie physique est le facteur-clé de la répartition des formations végétales naturelles, donc des ressources qui y sont liées, à toutes les échelles d'observation (Gausson, 1988). Mais les actions de l'homme depuis les âges préhistoriques ont modifié le couvert végétal et changé sa répartition : savanisé des forêts (Razanaka *et al.*, 2001), converti des forêts naturelles en agro-forêts et en plantations industrielles (Michon *et al.*, 2003), ou remplacé la forêt humide malgache par des formations secondaires de diverses physionomies (Humbert, 1927 ; Green & Sussman, 1990). Le paysage végétal est donc la résultante de deux influences. Quelle est l'importance relative des variables physiques et des variables humaines dans la structuration des paysages ? Dans certains cas, telles les variations de densité de population dans les savanes d'Afrique de l'Ouest, qui jouent directement sur le paysage végétal (savanes ou parcs arborés agricoles), les variables physiques ont joué un rôle structurant mineur par rapport aux faits politiques : " ...espaces inexploités et surfaces épuisées cohabitent, les foyers démographiques étant le résultat de choix humains et d'avatars historiques, largement indifférents, du moins à leur origine, à la valeur ou à la médiocrité des ressources naturelles " (Pélissier, 1978). Mais elles acquièrent un rôle plus structurant aujourd'hui dans le cadre de l'agriculture paysanne cotonnière qui tend à concentrer les populations dans les vallées aux sols plus recherchés pour cette activité (Serpantié, 2003). L'importance structurante du facteur physique dépend de l'échelle considérée, des lieux et des temps. Ce sera aussi le cas pour les dynamiques forestières. Celles-ci, résultant du bilan entre destruction et création (par régénération, progression ou reconstruction), impliquent à la fois l'homme et les conditions physiques.

Dans le contexte malgache, après deux millénaires d'évolution régressive du couvert végétal naturel en présence de l'homme (Humbert, *op.cit.* ; Burney, 1997), la morphologie et la situation des massifs

forestiers naturels relictuels telles que nous les décrivait les premières cartes forestières disponibles, sont particulières. Elles prennent la forme de couloirs quasi-parallèles aux côtes (Grandidier, 1875 ; Sibree, 1880) (Figure 1). En fin du 20^{ème} siècle, l'organisation générale des forêts naturelles est restée globalement la même (Figure 2). C'est le cas du corridor Ranomafana-Andringitra, qui sépare Betsileo et Tanala. Une autre bande forestière, disparue depuis, faisait frontière entre Tanala et peuples côtiers. Quand on ne présente qu'une carte forestière (Figure 2), sans autre élément d'appréciation que les groupes humains, et sachant l'importance de la déforestation d'origine agro-pastorale, on pourrait privilégier une cause politique à cette situation : les couloirs représenteraient des résidus de milieux naturels à la frontière entre deux peuples agricoles, dont la distribution donnerait sa forme au massif.

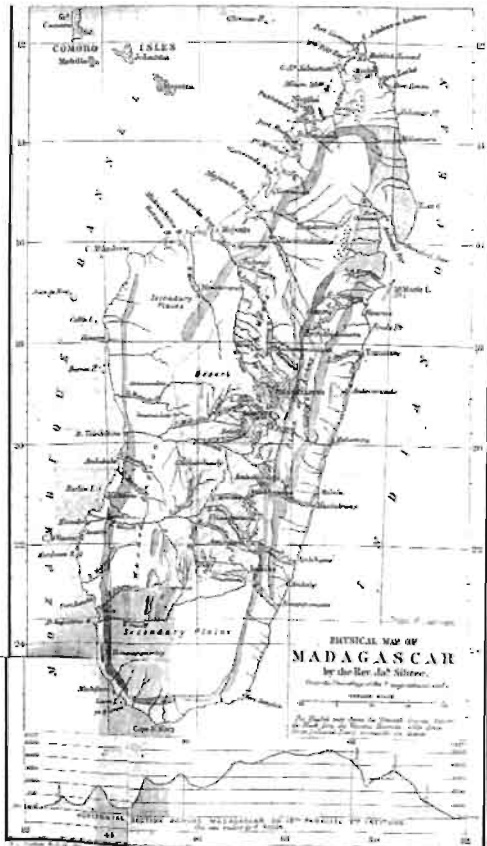


Figure 1. Carte forestière ancienne (Sibree, 1880)

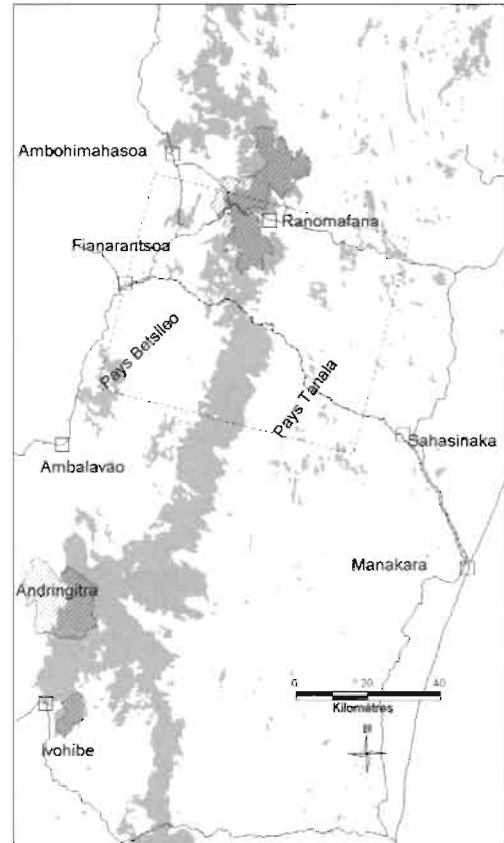


Figure 2. Couloir forestier. et lambeaux de " forêts denses ", aire protégées, fenêtre de la scène SPOT (Source : carte IEFN 1/200000 ; DEF, 1994)

Mais d'autres hypothèses s'imposent, car le caractère " régulier " et parallèle aux côtes des lisières forestières est peu compatible avec un simple phénomène politique. N'y a-t-il pas là un lien étroit avec des variations de milieu physique ? La persistance de ces forêts pourrait trouver son origine dans une interaction homme-nature où le champ des variables physiques a joué un rôle particulièrement modérateur des pratiques destructrices ou de leur impact, et donc particulièrement structurant de la géographie régionale. Le milieu physique a-t-il été, est-il encore une des variables fondamentales de la relation homme / forêts dans le contexte des couloirs malgaches, une des inconnues de " l'équation de la conservation " ?

Méthode

Afin de chercher de tels liens, la première étape de la démarche vise la spatialisation des facteurs physiques. Ces données sont restituées dans un SIG. Elles sont ensuite mises en relation avec les paysages et leurs caractérisation écologique et humaine (types de couverts, peuplement).

Les données physiques régionales ont été recherchées et complétées par des mesures et reconnaissances complémentaires. Il s'agit de données physiques primaires, à savoir la position géographique, la géologie, la topographie et la morphologie. Nous aborderons le climat et les sols dans une approche explicative des relations rencontrées entre milieu physique et forêts, dans le chapitre suivant.

La méthode d'étude du couvert actuel repose sur une cartographie assistée par télédétection⁵ avec reconnaissances de terrain, dont la méthode de traitement est synthétisée au chap. 4.

La méthode de calcul des densités de peuplement à deux dates (1936, 1993) est donnée chap. 5.

Deux échelles d'analyse sont requises, régionale, et locale. A l'échelle régionale, les couverts végétaux⁶ sont cartographiés et confrontés à la topographie, grâce au SIG mis en œuvre sous Mapinfo ©. A l'échelle locale, un transect d'un petit segment du corridor a fait l'objet d'une cartographie écologique, morphologique et d'un MNT, à partir d'une exploitation plus fine et plus spécialisée des données de télédétection et des cartes disponibles au 1/50000, et d'une reconnaissance de terrain sur un transect complet.

Résultats

Les différentes variables physiques primaires sont la position sur le globe terrestre, la géologie, le relief, et la morphologie. Pour une meilleure compréhension des résultats, la spatialisation de la variable considérée sera suivie de l'analyse de ses liens avec le paysage.

Position géographique

L'allongement de l'île malgache, son orientation nord sud, sa côte est rectiligne, sa position intertropicale la confrontent en entier à l'alizé de l'Océan Indien, et, en été, à la convergence intertropicale. Elle détermine dans la partie est un climat tropical humide, et une série de végétation se rattachant au type climacique de forêt, qui se décline en fonction de l'altitude : moyenne altitude (800-1300 m) et basse altitude (0-800 m) (White, 1986). Malgré cette humidité et le climax forestier, les espaces de basse altitude sont à dominante de formations herbacées près des côtes, arbustives loin des côtes, et forestières au niveau de la falaise. C'est aussi le cas des Hautes Terres : d'Ouest en Est se succèdent des savanes et pseudo-steppes, des petits massifs de forêt en altitude, fourrés et forêt à partir de la ligne faîtière, forêt continue en bordure de falaise. A l'échelle continentale, le lien du paysage biologique au milieu physique est clair. Il en est de même de la population : dense sur les côtes, peu dense en arrière pays côtier, dense sur les Hautes terres. Globalement, les fortes densités correspondent aux milieux herbacés, les faibles à la forêt.

Substrat géologique régional

Selon les différents auteurs des cartes géologiques de la région du couloir étudié (feuilles au 1/100000 O53-O54-P43-P54), Boulanger et al. (1957), Chantraine (1967, 1968), Besairie (1973), la région

⁵ image SPOT5, mars 2004, copyright CNES 2004, distribution Spot Image S.A. programme ISIS

⁶ La carte représentant les types de couverts végétaux est une représentation en trois classes : couverts boisés naturels (végétation spontanée arborée dense à moyennement dense de plus de 6 m) ; couverts boisés artificiels (végétation plantée) ; couverts non boisés (sols nus, couverts herbacés, arbustifs, couvert arboré peu dense).

betsileo-tanala appartient entièrement au socle cristallin, plus précisément à un ensemble complexe de roches sédimentaires métamorphisées⁷, daté de plus de 3 milliards d'années au début du Précambrien. Plusieurs orogénèses ont eu lieu jusqu'au Cambrien. Des fracturations et intrusions basiques se sont produites au Crétacé. Les affleurements se partagent entre gneiss, migmatites, et granites métamorphiques. La ligne de partage des eaux qui longe souvent mais pas systématiquement la limite ouest du couloir forestier sépare deux régions géologiques : la région complexe granito-gneissique betsileo et l'ensemble granitoïdo-migmatitique de la falaise.

A l'Ouest de la ligne faîtière se succèdent d'Ouest en Est des formations granitiques intrusives ou stratoïdes à structure anticlinale, mises en relief par érosion différentielle, intercalées par des affleurements d'ectinites⁸ à structure synclinale, et mises en creux (Chantraine, 1968). Au sein des gneiss, existent des filons de granitoïdes et de quartz non figurés sur les cartes. Plus résistants, ils forment des verrous dans les bas-fonds, produisant un profil hydrologique en biefs séparés par de petites cascades qui facilite l'irrigation des bas de pentes et la maîtrise de l'eau.

A l'Est, l'ensemble granitoïdo-migmatitique de la falaise fait partie de la bande méridienne granitique du grand-escarpement qui délimite les Hautes Terres, à l'Est. Les granitoïdes, par érosion différentielle, ont déterminé de hauts reliefs (tels que l'Ambondrombe, le pic de Tsitondroina). Les granitoïdes qui affleurent dans la partie ouest du corridor sont à deux feldspaths (plagioclases roses et orthoclases blanches), donnant une chimie calco-alcaline (plus de Na que de Ca, Mg), favorable à une altération gibbsitique en condition très humide. La gibbsite est une forme minérale de l'alumine qui produit des indurations dans les sols ferrallitiques en imprégnant des horizons compacts. Ces indurations sont abondantes sur les parties hautes et planes du modelé.

La " série de Tolongoïna ", affleure au niveau de la falaise et à son pied. Elle est constituée de gneiss feldspathiques (plus altérés que les gneiss de l'Ouest) et de migmatites.

Aucun lien direct et précis entre unités de la carte géologique et carte de la végétation ne peut être reconnu (Figure carnet central 2), si ce n'est une tendance du couloir forestier à se caler sur les premières zones granitiques qui viennent à l'Ouest des grands affleurements migmatitiques tanala, ce contraste déterminant la position moyenne de la falaise. Cette correspondance proviendrait d'un effet de la géologie sur la topographie, et de la topographie sur la localisation forestière. On trouve aussi, au sein du bas-pays tanala et plus à l'Ouest en pays betsileo, des massifs forestiers " accrochés " à des granitoïdes et à certains facies de migmatites (les migmatites à pyroxène de l'Ampasary), toutes roches déterminant des reliefs localisés (petits escarpements, reliefs marqués). Ici encore, la topographie pourrait être le facteur clé, lui-même déterminé par certains contrastes de types de roches.

Outre son incidence sur le relief, la géologie a quelques incidences économiques, mais aussi forestières, directes. Les gneiss du pays betsileo et de l'ensemble de la zone du couloir renferment des gisements utiles (or alluvionnaire, graphite), qui ont été ou sont l'objet de prospections artisanales. Plus au Sud (Miarinarivo), le couloir forestier fait l'objet de prospections de gemmes qui occasionnent des ruées périodiques sur les nouveaux placers régulièrement découverts. A ces pressions minières passées et actuelles, il faut ajouter la valorisation géologique industrielle potentielle, déjà engagée à travers les " carreaux miniers " qui délimitent des aires de prospection, particulièrement concentrées dans le Sud du corridor R.A.

Topographie régionale

L'île malgache, masse rigide issue du continent primitif⁹ a subi plusieurs cycles d'aplanissements et de reprise de l'érosion à chaque variation du niveau de base du système de drainage. Ces variations ont

⁷ " système du Graphite "

⁸ gneiss assez peu micacés, à amphiboles et pyroxènes dans la zone du corridor

⁹ Elle s'est détachée au Permien de l'Afrique et au Crétacé de l'Inde

deux origines : la destruction des verrous rocheux pendant l'enfoncement du système de drainage, et de multiples mouvements tectoniques, effondrements et bombements, flexures, résultant de mouvement isostatiques, de l'érosion et de l'accumulation périphérique de sédiments. Des basculements sont révélés par des discordances entre couches sédimentaires de l'Ouest. A cela s'ajoutent de grandes cassures dans les axes longitudinal et SE-NO, déterminant l'orientation de la côte Est, ainsi que des fosses (Alaotra) et des horsts. De cette histoire géologique mouvementée naissent plusieurs traits particuliers de l'île. Tout d'abord sa topographie est dissymétrique, avec orientation du réseau hydrographique essentiellement vers l'Ouest, et une ligne de partage des eaux décalée à l'Est. Le centre de Madagascar a la forme d'un plateau central à environ 1000 m d'altitude, parsemé de massifs montagneux localisés où l'altitude est portée à 1300 m et plus, délimité à l'Est par un grand escarpement représentant la partie sommitale du profil d'érosion de la côte est, proche de la ligne faitière.

La carte des couverts boisés a été réalisée à partir de l'image SPOT de mars 2004 (Figure 2 et Figure carnet central 3). Elle est analysée par rapport à la topographie, matérialisée par 4 courbes de niveau caractéristiques 400, 800, 1000, et 1300 m, qui isolent l'escarpement et les massifs résiduels.

La région betsileo, à l'Ouest (1000-1300 m) est une mosaïque de milieux boisés, et non boisés : savanes ou pseudo-steppes, cultures, rizières de bas-fonds. Les couverts non boisés dominent, ponctués de massifs boisés artificiels discontinus. Cette région ne contient des fragments de forêts naturelles qu'au Nord-Ouest (zone d'altitude >1300 m).

Le couloir forestier est une forêt de moyenne altitude, séparable longitudinalement en deux bandes, fragmentée et mitée à l'Ouest (association de parties forestières, de fourrés, et de savanes incluses), et continue à l'Est. La distance qui sépare la frange ouest au grand escarpement tanala dépend de l'altitude de la frange : 10 km environ, excepté en cas de relief supérieur à 1300 m, où la frange forestière se décale à l'Ouest (Androy, mont Ambohipanja, Mahasoabe). A l'inverse, un resserrement du couloir forestier s'observe dans les lieux de moindre altitude, au passage du chemin de fer FCE (1000 m, centre de l'image). La lisière est du couloir montre un tracé assez régulier et se calque sur la courbe de niveau 800 m, à mi-escarpement, étagé de 600 à 1000 m. Les reculées du couvert boisé vers l'Ouest correspondent aux échancrures de l'escarpement.

La région tanala, à l'Est du couloir, se présente comme une mosaïque de milieux où les forêts constituent des lambeaux de petite taille (un ha à 1 km²) regroupées par endroits notamment sur des reliefs allongés. Elle se divise nettement en deux ensembles : un milieu moyennement boisé (32%) de basse altitude (400-800 m) à matrice dominée par des fourrés arbustifs, et un milieu très peu boisé (16%) à très basse altitude (< 400 m), à matrice partagée entre couverts arbustifs et herbacés.

Dans le secteur couvert par l'image SPOT, la topographie est particulièrement structurante du paysage. Le lien à l'escarpement des deux limites est et ouest du couloir est très clair. Au sein des régions betsileo et tanala, l'altitude est aussi un facteur de maintien de couvert forestier.

Hors de la zone couverte par l'image, la carte IEFN (DEF, 1994) au 1/200000, fournit la position du couvert forestier dense vers 1993. La cote 800 m n'est pas partout la cote limite du couvert boisé, à l'Est du couloir. Au Sud d'Ikongo, le couloir forestier commence à 600 m, et même 400 m dans le couloir de Vondrozo. La cote 800 m serait donc un maximum. Exceptionnellement, la limite monte à 1000 m près des voies de communication.

A l'échelle de la région du corridor, les escarpements ont été représentés sous la forme de segments disposés à la base d'une zone où deux courbes de niveau (décalées de 100 à 300 m) sont distantes de moins de 5 km (Figure carnet central 4). Une couleur est attribuée à chaque type d'escarpement, selon la cote de départ. Là où les escarpements sont de grand dénivelé, les segments élémentaires se juxtaposent. Un lien étroit existe entre un escarpement aligné nord-sud ayant pour cote de base au moins

200 m et un couvert forestier à l'Ouest de cet escarpement, sur son revers. En cas de séries d'escarpements distants les uns des autres, les couloirs forestiers s'élargissent ou se divisent.

Tous les escarpements nord-sud continus, d'au moins 400 m de dénivelé, ont favorisé la conservation du couvert forestier sur une dizaine de km à l'Ouest de l'escarpement. Ce constat se confirme à l'échelle de l'Est malgache. Plus que l'altitude, les variations d'altitude représentent le facteur clé, tant au niveau de l'escarpement (apparition de la forêt) que à dix kilomètres à l'Ouest (disparition souvent à proximité de la ligne faîtière).

Sur le plan du peuplement humain, la carte des densités (Figure carnet central 5) montre que la lisière ouest sépare la population en deux zones homogènes (zones forestières/zones non forestières) en 1933, et en trois zones en 1993. En effet la population de la forêt du corridor croît moins vite que la population du pays tanala. La zone de concentration de peuplement betsileo se situe à l'Ouest de la zone étudiée, les savanes bordant le couloir étant anciennement peu habitées et consacrées à l'élevage extensif. Le paysage humain est donc lui aussi structuré par la topographie, mais à la fois par l'altitude (faible densité en basses terres, forte en hautes terres) et par la présence des escarpements (faible densité à l'Ouest des escarpements).

La conservation de la bande forestière aurait donc été fortement influencée jusqu'à présent, dans le contexte rural malgache, par des conditions liées à la topographie régionale dont un caractère marquant est la succession d'escarpements de direction nord-sud, délimitant des espaces étagés. Ce n'est pas tant l'étagement qui semble compter que la présence d'un escarpement, puisque la forêt cesse précisément vers 10 km à l'Ouest des escarpements, sans changement d'altitude notable.

Géomorphologie locale

La relation entre végétation et morphologie s'inscrit dans une analyse locale, dans la zone du corridor. Elle ne convient pas à une analyse régionale du problème, pour laquelle l'approche topographique a rendu des résultats très probants et suffisants.

L'Ouest de la région d'étude, partie sud du plateau central, est parsemé de reliefs résiduels, plateaux ondulés et dômes rocheux, traduisant un stade de maturité du profil d'érosion, dernier stade avant le stade pénéplaine. Il a existé en effet dans le passé différents cycles d'érosion succédant aux mouvements tectoniques, aboutissant, malgré la diversité des roches, à un aplanissement imparfait ou surface d'érosion. Les reprises d'érosion ont dégagé les inselbergs et certaines parties des aplanissements antérieurs (devenant des témoins), produisant de nouveaux aplanissements plus bas sur les zones tendres, et des escarpements de raccord entre surfaces étagées. Les géomorphologues distinguent une surface I, supérieure, du Crétacé supérieur (niveau dit des " *tompoketsa* "), une surface II, moyenne, méso-tertiaire ceignant les Hautes Terres, en légère pente vers l'extérieur, et une surface III, inférieure, fini-tertiaire, qui se développe seulement dans les roches les plus altérables (Bourgeat & Petit, 1969 ; Besairie, *op.cit.* ; Delenne et Peltier, 1980).

Sur les Hautes Terres, donc à l'Ouest de la falaise, les crêtes les plus élevées de la région (1400 à 2000 m), planes, peuvent être rattachées à la surface I. Le couloir forestier (1300-1100 m) en légère pente vers l'Est présente des reliefs de dissection dérivés de la surface II qui entoure les hautes terres. Cette unité se compose d'une " association de collines convexes, souvent allongées, de niveau assez constant, se reliant à un système de bas-fonds peu développés par des versant très redressés mais à petite concavité à la base" (Bourgeat & Petit, *op.cit.*). Elle tronque des roches d'indice de dureté différente (ici gneiss et granitoïdes)¹⁰.

Les bassins de gneiss du pays betsileo, aux collines basses (1050 m) séparées de larges bas-fonds

¹⁰ Cette unité se décompose en plusieurs types de modelés dérivés : surface peu rajeunie au drainage peu encaissé entre des croupes basses convexes (massif de Analamera, plateau de Anisarotra-Tsifafana) ; surface rajeunie au modelé de dissection moyennement profond (50 m de dénivelée), avec des collines montrant un début de relief polyédrique. Enfin, la zone très accidentée de la falaise est traversée de gorges isolant de hautes collines dont certains sommets ont des sommets parfaitement plans, témoins de la surface II, ainsi que de pics en forme d'écaille (Tsitondroina).

organisés " en bois de cerf " correspondent à la surface inférieure (III) fini tertiaire suivant la description qu'en font Bourgeat & Petit (op.cit.) pour le centre des Hautes Terres¹¹. Il faut associer à cette surface III quelques petites alvéoles au centre même du corridor telles que Ampasina et Anjavidy, mais aussi des bassins formant des retraits de la frange ouest en plusieurs endroits (Haute Ranomainty, Haute Matsiatra, alvéole d'Ambolahamasina). Les alvéoles centrales se produisent sur gneiss vers 1150 m, le modelé est très adouci autour de marécages étendus, entourés de savanes et de milieux buissonnants (Figure carnet central 6).

La falaise et ses indentations (600-1000 m) sont creusées au Sud de Tolongoina dans les gneiss et migmatites de la série de Tolongoina, et au Nord dans une longue bande de granitoïdes microcliniques. Une autre bande de granitoïde plus étroite détermine un petit escarpement au sein du bas-pays tanala (pont du Namorona, et chutes du Faraony au Nord Est de Tolongoina.). Que ce soient des différences de types de migmatites, un contact gneiss/migmatites ou gneiss/granitoïdes, les contrastes lithologiques locaux peuvent expliquer la localisation moyenne des divers escarpements de la région. Il existe aussi des accidents tectoniques, de direction NO-SE, accompagnées de dykes basaltiques datés du Crétacé, déterminant de nombreux axes de drainage et petites indentations de la falaise¹².

Le pays tanala, vu des sommets de la falaise (1100 m), est un moutonnement infini de collines 500 m plus bas évoquant les vagues de la mer, car leur organisation générale suit la direction de la schistosité Nord-Sud, elle même parallèle à la falaise. Il s'agit d'un haut-relief de dissection. Le relief polyédrique, " multiface ", est très accusé au pied de la falaise, où les pentes de 40° et plus (barres rocheuses) sont courantes et les collines ont souvent 100 m de dénivelé. Les cascades sont nombreuses. Tout indique un relief au stade juvénile, témoignant de l'activité intense de l'érosion géologique dans cette zone aux roches facilement altérables, au climat tropical chaud et très humide, et à la situation en sommet du profil d'érosion continental. Ce relief aigu et les glissements de terrains qui se produisent pendant les cyclones donnent des versants globalement droits longitudinalement, mais irréguliers transversalement et à l'échelle de la parcelle : multiples creux, micro ravins, crêtes et arêtes dissymétriques, expositions changeantes. Les bas-fonds sont étroits, rares et disséminés.

Relations entre l'unité morphologique, le paysage végétal, et les activités humaines à l'Ouest de la falaise. Toutes les anciennes savanes ou pseudo-steppes du pays betsileo s'inscrivent dans la surface III rajeunie au point que la colline herbeuse, porte un nom vernaculaire betsileo (le *tamboho*) désignant à la fois le type morphologique de colline basse convexe typique de cette surface, et un type de milieu herbacé. Le paysage végétal actuel de cette unité, à l'échelle du versant, s'étage entre rizières soignées en bas fonds, terrasses et cultures quasi-permanentes diversifiées en bas de pente (*tambina*). En haut de pente, on trouve, prairies pâturées, cultures temporaires de manioc et d'ananas sur colline, aménagées avec rigoles et rideaux, plantations de pins et d'eucalyptus. Les savanes incluses dans le couloir forestier, consacrées au pâturage, se situent dans des alvéoles de la surface III. Leurs vastes marécages tourbeux ne sont pas mis en valeur.

Les fourrés à fougères, éricacées et arbustes, soumis à des feux récurrents sont associés aux témoins peu rajeunis de la surface II, et aux crêtes dans les zones rajeunies de cette surface.

La forêt fragmentée et mitée de la bande ouest, dont le couvert a 10-12 m de haut, est une forêt secondarisée (Ratsimisetra, 2006) dominée par quelques espèces de *Polycias* et *Weinmania*. Elle couvre surtout les pentes du modelé profondément disséqué dérivant de la surface II. Sur les crêtes, outre

¹¹ Généralement sur roches tendres et à l'amont de seuils granitiques (seuil au confluent Iboaka-Matsiatra), -présentation en " alvéoles " en limite de lignes de partage des eaux, -ensemble de croupes d'interfluve, à bas-fonds importants en surface (env 10%) peu encaissé (30m) mais versants très redressés, forte hiérarchisation des thalwegs en bois de rennes, (indiquant un ancien climat plus humide), -raccordées progressivement aux témoins du niveau II par de grandes pentes disséquées et un système d'épaulements ; rajeunissement en collines convexes.

¹² Ainsi l'axe du Sahambavy en amont d'Ambendrana est précisément lié à une telle faille.

les fourrés, on trouve des forêts basses, peu denses, au sous-bois de mousses. Des rizières et *tambina* colonisent peu à peu les bas-fonds généralement étroits et profondément encaissés, de façon dispersée. Le raccord entre les deux surfaces II et III, dont le pied est la lisière de la savane à l'Est, se partage entre lambeaux de forêts en haut de pente (*songon'ala*), et pentes partagées entre cultures temporaires (maïs, haricot, manioc), plantations de canne à sucre, jachères arbustives (*kapoka*) et gazonnantes (*kilanjy*).

La forêt peu perturbée de la bande de l'Est a un couvert plus élevé (15-20 m), une flore et une faune très diversifiées. Elle se situe sur le revers de l'escarpement et sur les pentes raides de l'unité morphologique de la falaise. Les rivières sont bordées de ripisylves. Les sommets plans et rocheux portent un fourré discontinu de mousses et de plantes rupicoles et saxicoles.

Les bas-fonds marécageux (Figure carnet central 2), abondants dans les surfaces III du pays betsileo (et traités en rizières), sont minces et rares dans la bande forestière ouest, parfois limités à une bande herbeuse d'une vingtaine de mètres (zone des granitoïdes). Leur conversion en rizière est encore partielle, mais sous forme dispersée. Ils s'élargissent sur les alvéoles de surface III où ils forment parfois de vastes marécages difficiles à drainer sans travaux collectifs de grande envergure, et servent alors surtout à la pêche. Ils disparaissent dans la bande de l'Est où les profils en V des thalwegs constituent la norme, le régime devenant torrentiel juste avant des cascades spectaculaires.

Relations à l'Est de la falaise

A l'altitude de 800 m apparaît la lisière est de la forêt. La pente de la falaise, au niveau de cette cote limite, est largement consacrée aux plantations agro-forestières (bananiers et caféiers sous *Albizia*). Les collines tanala en bas de falaise, vers 500 m d'altitude, aux pentes raides, présentent un paysage en mosaïque, globalement similaire à celui du "raccord" de la bordure ouest du corridor, mais s'en différenciant par la nature des couverts végétaux. Les lambeaux de forêts qui coiffent les collines sont des forêts secondaires de la formation de basse altitude ; les jachères arbustives qui partagent l'espace de pente avec les grands champs de manioc et riz pluvial, sont dominées par de grandes herbacées (*Zingiberaceae* et *Melastomataceae*) et quelques arbustes. Les étroits bas-fonds sableux ou marécageux portent des rizières plus sommaires qu'en pays betsileo, révélant un aménagement plus récent et un milieu plus difficile. Les collines ayant perdu leur forêt sommitale présentent un couvert végétal témoignant d'un milieu dégradé : savanes localisées sur crêtes et arêtes, espace de pentes partagées entre landes à fougères (*roranga*), champs de manioc, plantations arbustives dans les thalwegs. Sur les collines du pays tanala de très basse altitude, les milieux herbacés, des bamboueraies peu denses et les ravenales remplacent les milieux arbustifs.

En résumé, les modelés rajeunis ou juvéniles (raccord surface II/III, pentes de la surface II, falaise, relief de dissection du bas de falaise), paraissent plus favorables à la persistance de la forêt que les modelés non rajeunis (bassins et alvéoles de surface III, crêtes et plateaux de la surface II, collines basses de l'arrière pays *tanala*).

En pays betsileo, l'appartenance à la surface III conditionne la fréquence et la taille des bas-fonds, donc des ressources en terres à riz mais les rizières des régions proches du couloir n'ont été aménagées que récemment, signe que la présence de bas-fonds n'était pas un critère suffisant pour conditionner le peuplement ancien, groupé plutôt autour de noyaux d'activité (marchés, centres politiques des divers royaumes), ce que Raison (1984) avait déjà remarqué. Ces savanes de bord de couloir étaient peu peuplées.

A l'échelle du versant, l'occupation du sol est toujours fortement structurée par la position sur le modelé: en pays betsileo : rizières en bas-fonds, cultures diversifiées en bas de pente, manioc temporaire en haut de pente, pâturages en crête ; en pays tanala : forêts en haut de pente, riz et manioc temporaires sur pente, plantations de canne à sucre et bananier en bas de pente et thalwegs, riz en bas-fond. Les terrasses rizicoles ne s'observent qu'en modèle à fort dénivelé.

Discussion et conclusion

Dans la région du couloir étudié, et de façon plus générale dans l'Est malgache, le milieu physique dans ses composantes morphologique et topographique structure le paysage végétal et humain, à l'échelle continentale, régionale (effet majeur des escarpements, effet altitude en pays betsileo et en pays tanala), locale (variation des types forestiers et des types de dégradation en fonction de la distance à l'escarpement, effet de la morphologie), ainsi qu'à l'échelle du versant. D'autres auteurs ont remarqué ce lien entre stabilité des reliques forestières et position topographique en d'autres régions de l'Est malgache (Coulaud, 1973). Mais la mise en évidence d'un lien systématique du paysage forestier relictuel avec la topographie (échelle régionale) et la morphologie (échelle locale) ne semble pas avoir été faite jusqu'ici. Ceci ne réduit pas a priori le rôle de la civilisation malgache dans l'élaboration de ces formes de paysage, mais permet de supposer un rôle localement très contraignant du milieu physique vis à vis de ses pratiques à effet déforestant, feux pastoraux et *tavy*. Le chapitre suivant abordera cette hypothèse.

Le fait que la position des forêts relictuelles soit fortement liée au milieu physique a plusieurs conséquences, pour la connaissance des processus de déforestation, et pour éclairer les conditions de la gestion de la conservation de la biodiversité.

En premier lieu, ce fait invite à remettre en cause les modes d'analyse et de modélisation classiques de la déforestation. Ces derniers portent essentiellement sur des unités administratives (nations, provinces, communes, corridors, parcs nationaux). Les seules divisions forestières prises en compte sont des divisions biogéographiques ou liées à l'état de dégradation. Du fait du rôle essentiel du relief, il conviendrait plutôt de stratifier l'espace et ses forêts en unités physiques : (bas pays, domaine du couloir, domaine des Hautes Terres à l'Ouest du couloir) afin de bien différencier des espaces homogènes en terme de vulnérabilité.

L'importance des reliques forestières primaires dans l'unité de la falaise (revers, et escarpement), ainsi que des paysages physiques exceptionnels (falaises) de nature à favoriser le tourisme ont fait privilégier cette situation dans les stratégies de création de parcs Nationaux dans la province de Fianarantsoa. Pourtant leur dégradation y est plus lente qu'ailleurs, ce qui devrait renvoyer des priorités d'action de protection à des forêts ne disposant pas de tels processus naturels de conservation relative. Les reliquats forestiers de basse altitude, émiettés et très menacés, ne sont pas protégés ni étudiés. Pourtant l'altitude est un paramètre déterminant pour la biodiversité à Madagascar (Rasolonandrasana & Goodman, 2000). L'on peut aussi supposer que des liens écologiques et mouvements diurnes, saisonniers, ou exceptionnels existent entre écosystèmes du bas et du haut, actuellement ou potentiellement. Ils pourraient être utiles ou essentiels pour la stabilité des populations de certaines espèces. Une attention devrait donc être accordée à l'étude et à la préservation de tels liens entre forêts protégées des couloirs et lambeaux de forêts de basse altitude, qu'il faudrait donc aussi gérer si de tels liens étaient démontrés pour des espèces à protéger.

Dans le même esprit, des différences physionomiques ont été observées entre forêts de la bande ouest et forêts de la bande est (densité, hauteur), indépendamment ou non des niveaux de remaniement. On peut donc supposer que les biodiversités de ces deux types forestiers sont complémentaires, et qu'il faudrait s'intéresser de plus près aux forêts de l'Ouest du couloir. Les inventaires ont jusqu'ici porté essentiellement sur la falaise (Goodman & Razafindratsita, 2001a).

La nature ne se réduit pas à la biosphère. On aurait tendance à oublier que les paysages résultent d'un jeu entre l'homme, le milieu biologique, et le milieu physique, alors que les gestionnaires se préoccupent surtout du jeu entre l'homme et la forêt. Les mesures de conservation et plus généralement de gestion régionale devraient prendre en compte l'importance des conditions

physiques car les enjeux mais aussi les difficultés seront eux mêmes immanquablement structurés par ces hétérogénéités. D'où l'importance de disposer de modèles physiques de la région sous forme de cartes géomorphologiques et d'un modèle numérique de terrain.

Cette structuration physique du paysage de l'Est malgache apporte un nouveau cas aux études sur la structuration géographique des systèmes agraires. Dans l'Est malgache, les traits du milieu physique organisent fortement le paysage végétal et humain actuels.

Chapitre 2

Origines climatique et humaine des couloirs forestiers

Serpantié G., Rakotonirina A., Carrière S., Rakotondramanana M. & Ramarorazana B.

Résumé : Dans l'Est de Madagascar, les couloirs forestiers relictuels montrent des liens étroits avec le relief. Dans le cas du " corridor de Fianarantsoa ", ces hétérogénéités du milieu physique influent-elles comme facteurs écologiques ou comme contraintes aux activités humaines défavorables au maintien du couvert forestier ? La démarche adoptée a procédé par spatialisation des facteurs physiques secondaires, climat et sols à deux échelles (régionale et locale) à partir de mesures climatologiques et de reconnaissances pédologiques. Ces données ont été mises en relation avec les couverts végétaux et leurs caractéristiques de résilience, ainsi qu'avec les pratiques agricoles, forestières et pastorales et leurs justifications. A l'échelle régionale, le grand escarpement qui limite le corridor à l'Est organise de nombreuses dimensions secondaires du milieu physique, qui interagissent avec les pratiques de production. Bien que les deux côtés du corridor soient habités par des sociétés sensiblement différentes techniquement (les Betsileo maîtrisant mieux le labour, l'irrigation, et le terrassement que les Tanala, qui maîtrisent mieux les systèmes de défriche-brûlis sur forte pente), c'est principalement les climats locaux qui, par leur caractère plus ou moins contraignant vis à vis des différents modes de culture du riz (contraintes érosion, luminosité, température, disponibilité en bas-fonds) et vis-à-vis de l'élevage du bœuf (régime de feu), qui structurent les grands traits du paysage végétal régional et des aménagements des pentes. Au niveau des processus de déforestation, ce sont les feux (pastoraux, politiques) qui dégradent le couvert forestier à l'Ouest, désormais relayés par la mise en culture près des bas-fonds, tandis qu'à l'Est le tavy concerne surtout les milieux de basse altitude.

Mots-clé : Climat, structures géographiques, pratiques, tavy, forêts, déforestation, feu

La cartographie des paysages végétaux de la région du couloir forestier Ranomafana-Andringitra et sa mise en relation avec les données physiques primaires a montré une forte structuration des couverts forestiers par le modelé, à toutes les échelles d'observation (chap. 1). Un tel fait paraît non seulement général, et concerner une grande partie de l'Est malgache, mais aussi particulier à l'Est, car les forêts actuelles de l'Ouest ne paraissent pas obéir, ou seulement partiellement, à cette règle de répartition. Ces processus conservatifs relatifs se maintiennent partiellement aujourd'hui. Le programme PAGE, cité par Dufils (2003), évalue à partir d'images satellite le taux de déforestation annuel à 0,4-0,6% sur deux couloirs, contre 1,8-2,2% sur des zones perpendiculaires à ces couloirs incluant les milieux de basse altitude (RN2, ligne FCE). Quelle est l'origine de cette structuration et de cette " résistance ", dans un contexte généralisé de déforestation (Humbert, 1927 ; Green & Sussman, 1990) ? A travers quelles actions des sociétés rurales, quels facteurs biotiques, et quelles réponses écologiques des milieux, les formes du modelé physique ont-elles ralenti localement des processus de disparition du couvert végétal et favorisé l'individualisation de couloirs forestiers relictuels ?

En hypothèse, cette relation qui se manifeste seulement à l'Est de Madagascar renverrait à une interaction entre modes de mise en valeur, modelé et particularités du milieu oriental au vent. Ces trois variables connaissent en effet une différenciation est-ouest et parallèle aux côtes dans la moitié est de Madagascar. Plusieurs sous-hypothèses doivent donc être examinées et validées successivement :

- le modelé détermine des variables physiques secondaires (terrains, climat) ;
- ces dernières, éventuellement renforcées par des conséquences d'activités humaines, agissent en premier comme facteurs écologiques conditionnant les types d'écosystèmes et leurs propriétés de résilience ;

- dans le cadre d'une civilisation " du riz et du bœuf " et des techniques dont elle dispose, ces paramètres secondaires représentent aussi des contraintes ou des opportunités pour les paysans. Ces derniers agissent alors spécifiquement par rapport à la topographie ;
- ces pratiques confrontées aux propriétés des écosystèmes, conduisent à créer ou renforcer les contrastes de paysage.

Démarche et méthodes

Dans cette étude, appliquée au couloir Ranomafana-Andringitra, il a été d'abord examiné si le modelé régional ou local détermine les sols, ainsi que les conditions climatiques moyennes et fréquentielles. En second lieu, comment ces variables physiques secondaires agissent sur la différenciation des types d'écosystèmes, et notamment sur leur capacité de reprise après perturbation. Ensuite, comment elles sont prises en compte dans des stratégies des populations paysannes (processus de peuplement, pratiques agro-pastorales, feux, pression sur les forêts). Enfin, quelle est leur influence finale sur le couvert forestier.

La région ne dispose pas de cartes de sols d'échelle inférieure à 1/1000000. Seules des prospections ponctuelles ont été effectuées dans la région par Riquier (1951), Segalen (1951), Bouchard (1966), Bouchard & Le Buanec, (1967). Des reconnaissances pédologiques ont donc été menées sur un transect ouest-est, depuis la commune Androy (savanes betsileo) jusqu'au bas-pays tanala (Manampatrana). Ces reconnaissances se sont attachées à décrire plusieurs toposéquences par unité géomorphologique (cf. chap. 1), mais aussi à enquêter sur la physicochimie des sols, leur végétation (hauteur, densité, strates, espèces majoritaires), les formes d'érosion (aléas, facteurs aggravants) et les perceptions paysannes (fertilité, risques). Ces données s'ajoutent aux descriptions de sols de Couadou le Brozec (2004), Randriamalala (2005), Rakotonirina (2006), Ratsimisetra (2007), Razafindramanana (2007) dans la base de données GEREM. Au total 86 sols de pente ont été décrits selon la classification des sols ferrallitiques des Hautes-Terres (H.T.) de Bourgeat & Aubert (1971).

A la prise en compte des résultats climatologiques antérieurs a été associée la recherche de données d'archive sur les postes pluviométriques locaux (Figure carnet central 7). Sept pluviomètres totalisateurs ont été installés dans les zones mal couvertes, pour y comparer les pluviosités 2004-2006 à celles des postes synoptiques (Mananjary, Fianarantsoa) dont le climat est connu (Figure carnet central 7 et Figure carnet central 8). Une station automatique complète a été mise en place en 2003 à Sahambavy, à proximité de la limite ouest du couloir. Des observations de niveau de plafond nuageux ont été réalisées en 2006 et 2007 trois fois par jour sur des sites de lisière (est et ouest), et comparées aux niveaux observés à l'aéroport de Fianarantsoa. Des relations générales entre pluviosité, ennuagement, et rayonnement global ont été recherchées. Le climat des stations synoptiques ayant été reconnu stationnaire, et le climat 2003-2005 en étant représentatif, d'autres archives locales renseignant l'humidité et la température (1950-1980) ont permis de mieux documenter le climat de la base de la falaise (Ifanadiana) et de la partie ouest du couloir (Ampamaherana). Finalement un bilan climatique P-ETP Penman a pu être réalisé sur de multiples stations formant transect, pour la période 2003-2005.

Les cartes représentant les types de couverts végétaux sont les mêmes que celle utilisées dans le précédent chapitre. La résilience des écosystèmes a été prise en compte à partir de la littérature existante (dont le chap. 9).

Une carte de localisation de hameaux en 1903 (Delpy, 1903), les enquêtes au niveau village sur les pratiques agro-sylvo-pastorales actuelles et passées, sur les sites d'étude (5 en pays tanala, 5 en pays betsileo, 3 dans le couloir), le relevé de traces d'occupation dans les zones inhabitées (cf. chap. 3), ont permis d'identifier les principaux facteurs anthropiques auxquels les milieux du couloir et de sa périphérie ont été confrontés.

Résultats et discussions

Sols

Sur l'ensemble des prospections systématiques réalisées (Tableau I) les différences entre traits morphologiques de sols de pente¹³, en dehors de l'épaisseur de l'horizon A qui reflète la végétation actuelle, ne sont jamais très contrastées. Aucun lien systématique ne s'observe entre unités morphologiques et types de sols, excepté pour des sols assez marginaux (fer. remaniés et fer. rouges à l'Ouest). Sur le plan physiochimique, le contraste le plus net entre les sols de l'Est chaud et humide et ceux des Hautes-Terres porte sur la physique du sol, et particulièrement sa consistance. Au pénétromètre, les sols *tanala* sont significativement moins cohérents que les sols *betsileo*, sans que cette dureté soit un obstacle à la venue de la forêt.

Tableau I. Types de sols de pentes identifiés sur les différentes unités morphologiques, d'Ouest en Est (%)

Situation	Rural betsileo	Frange ouest	Bande ouest	Bande ouest	Bande est	Falaise	Rural tanala		
Unités morphologiques	Relief dérivé surface III	Raccord	Relief dérivé surface II peu marqué	Relief dérivé surface II marqué	Haut falaise	Pente falaise	Collines tanala	Total	
Types sols ferrallitiques									
peu rajeuni jaune	21	22	0	60	33	29	0	19	
peu rajeuni jaune/rouge	24	11	11	0	33	14	7	15	
peu rajeuni rouge	7	11	0	0	0	0	0	5	
rajeuni	17	0	22	0	0	0	40	15	
rajeuni+ recouvert colluvial peu évolué	0	28	22	20	33	29	13	15	
pénévolué	21	17	44	0	0	29	33	23	
induré	3	6	0	20	0	0	7	5	
remanié	7	6	0	0	0	0	0	3	
Total %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Nombre	29	18	9	5	3	7	15	86	

Sur le plan de la végétation, seuls ne portent jamais de forêts les sols hydromorphes organiques à gley profond des grands marécages, ainsi que les rankers sur affleurements rocheux. Tous les autres sols (de pente et de bas-fonds) sont compatibles avec la forêt.

A l'échelle de la toposéquence, des liens s'observent entre sol et végétation, dans la bande ouest du couloir. Les sols sommitaux (sols indurés peu profonds, et sols peu rajeunis à horizon B argileux et massif, à mauvaise infiltration) portent des végétations arborées significativement plus basses et moins denses que les sols de mi-pente et bas de pente (Tableau II). Compte tenu des obstacles structuraux, les profondeurs d'enracinement sont significativement moindres (Tableau III). Les conséquences sont une moins bonne alimentation hydrique et minérale et une plus grande susceptibilité au feu sous le climat de la bande ouest (voir plus loin).

Sur le plan de la mise en valeur agricole, les variations de types de sols sur la toposéquence orientent seulement les priorités. Sur les H.T., les paysans *betsileo* préfèrent les petits bas-fonds à sols hydromorphes minéraux plutôt que les grands marécages tourbeux exigeant de grands moyens collectifs pour le drainage. Ils préfèrent pour les cultures pluviales les bas de pentes et les pentes plutôt que les plateaux de collines (horizon B trop massif). Les *Tanala* préfèrent aussi les pentes en matière de riz pluvial et de manioc, car les sols des sommets de colline, à horizon B d'accumulation marqué, ruissellent et durcissent plus vite.

¹³ couleur, présence d'un horizon d'apport, structure et épaisseur de l'horizon B, présence d'indurations, profondeur d'apparition de l'horizon C, niveau de blocage des racines

Tableau II. Tableau de contingence croisant hauteur des arbres dans la végétation naturelle et situation topo. dans la bande ouest du couloir (végétations non cultivées) (Khi² significatif à p=0,05)

hauteur arbres (m)	bas et mi-pente	haut et crêtes
5-7	0	67
8-10	50	33
11-13	50	0
Total % du nbre de sites	100 (10)	100 (6)

Tableau III. Tableau de contingence croisant hauteur des arbres dans la végétation naturelle et profondeur de blocage des racines (Khi² significatif à p=0,05)

hauteur arbres (m)	profondeur de blocage des racines (cm)		
	20-35cm	40-55	>60cm
5-7	100	0	22
8-10	0	80	33
11-13	0	20	44
Total % du nbre de sites	100 (2)	100 (5)	100 (9)

Puisque les sols ne sont discriminants pour la végétation naturelle ou cultivée qu'à l'échelle du versant et qu'entre types de bas-fonds, la question de la répartition du paysage végétal issue de l'interaction homme-nature à une échelle régionale et locale reviendrait essentiellement à celle des interactions entre les variations climatiques intra-régionales, les modes de mise en valeur, et l'écosystème forestier.

Climat

Limites des connaissances actuelles

Selon la littérature consultée (Donque, 1975 ; Chaperon *et al.*, 1993 ; Jury, 2003), Madagascar doit ses climats à sa position intertropicale (12° à 26° de lat. sud) et insulaire, à sa façade est de direction subméridienne face à l'Océan Indien, et aux particularités de son modelé. Le régime d'hiver austral (mai à septembre) et le régime d'été (novembre à mars) gouvernent les composantes du climat :

- une alternance saisonnière de températures modérée, la température moyenne est en grande partie liée à l'altitude, à la latitude (de plus en plus contrastée vers le Sud), mais aussi à son humidité (climats secs plus chauds à altitude égale) ;
- un régime de vents et d'humidité saisonnier, dominé par deux flux : mousson du NW (en été) et alizé du Sud Est (toute l'année), leur rencontre en été représentant la convergence intertropicale (CIT) au voisinage de laquelle le temps est instable et pluvieux. L'alizé, perpendiculaire à la côte est, est responsable de précipitations orographiques toute l'année sur le versant est, et d'un assèchement et réchauffement progressif au delà de la ligne faîtière, et d'autant plus intense que l'altitude s'abaisse rapidement (donc plus intense au Sud) ;
- des dépressions et cyclones aux trajectoires variées aggravent en été le mauvais temps.

Il s'ensuit dans la moitié est de Madagascar des climats régionaux parallèles à la côte est.

- **sous le vent de la ligne faîtière** : H.T. occidentales, HT centrales, frange orientale des HT
- **au vent de la ligne faîtière** : versant oriental, plaine côtière

La ligne faîtière, la longitude et l'altitude jouent donc des rôles à l'échelle du pays. Qu'en est-il dans la région d'étude ? Afin de mieux apprécier le lien potentiel entre climat et végétation, et l'échelle régionale, partons de l'étude de Cornet (1973, 1974), réalisée à partir d'indices bio-climatiques. Pour aborder les liens entre le paysage végétal actuel et les divisions bio-climatiques, la carte forestière IEFN (DEF, 1994) et la carte bioclimatique ont été comparées (Figure carnet central 8).

Le Nord de Tolongoïna y serait plus humide que le Sud, quelle que soit la position par rapport au couloir. Comme les températures sont égales (iso-altitudes), on aurait donc des différences tangibles de pluviosité ou de sa répartition saisonnière entre Nord et Sud. Eu égard aux mécanismes du climat et à la petite taille de la zone, une telle variation semble improbable. Notre propre analyse des données d'archives a produit une carte régionale d'isohyètes différente (Figure carnet central 7). D'Ouest en Est, la pluviosité croît très fortement à l'approche du couloir forestier, puis décroît au delà de la falaise jusqu'à un minimum à 30 km des côtes, avant de croître à nouveau. L'isohyète 1100 mm des H.T. est très irrégulier, les plus fortes pluviométries correspondant aux principaux reliefs (corrélation pluie-altitude significative). Les autres isohyètes peuvent être tracées à peu près parallèlement à la côte et au couloir forestier. Pour vérifier que l'humidité varie seulement parallèlement à l'escarpement, la pluviométrie 2004 et 2005, réparties en trois saisons, sur 8 stations proches ou internes au couloir a été analysée par analyse de variance. Le test de Newman-Keuls à $p=0,05$ indique un effet latitude non significatif, et un effet position latérale hautement significatif. Ceci remet en question la précision de la carte bioclimatique. Le couloir jouit en réalité d'un bioclimat homogène longitudinalement, et très hétérogène latéralement, en relation avec la topographie régionale perpendiculaire aux flux de masses d'air. Plus que la ligne faitière (au niveau de cette ligne, la pluviosité n'est déjà plus que 1800 mm contre plus de 3000 sur la falaise), c'est la distance au moteur des ascendances orographiques, l'escarpement, et l'altitude (commandée par les unités géomorphologiques) qui déterminent la pluviosité locale.

Afin d'analyser les liens entre climats, pratiques et paysages, une étude sur un transect Est-Ouest sera donc suffisante. Pour une analyse agro-climatique visant à connaître les contraintes et opportunités vis-à-vis des techniques de l'agriculture et de l'élevage, nous ajouterons aux indices bio-climatiques de Cornet (1974) le bilan d'eau, l'éclairement, le vent, et la composante climatique du feu.

Température

Les températures varient en zone est essentiellement avec l'altitude (Figure carnet central 9) ce qui attribue à l'escarpement un rôle essentiel dans la répartition régionale des climats : en quelques kilomètres, on passe d'un climat chaud de basse altitude à un climat frais de moyenne altitude (Figure carnet central 11). Mais le couloir, ainsi que le rivage, présentent une perturbation de ce modèle altitude : les climats très humides, couverts, ventés, créent une ambiance plus fraîche aux maxima d'été, particulièrement sous couvert forestier. La température est moins froide aux minima d'hiver (meilleure conservation de la chaleur par les nuages, production de chaleur par la condensation).

Dans la partie ouest du couloir en revanche, bien que le climat y soit plus humide que la lisière, ce phénomène de réduction des contrastes saisonniers est atténué, du fait d'un moindre couvert nuageux. La bande ouest du couloir, subit ainsi un climat particulièrement " froid " en hiver, à proximité des reliefs qui fournissent un air froid aux vallées perchées où le gel se produit, alors qu'il est n'est pas connu hors couloir, à plus basse altitude.

Analyse fréquentielle du bilan d'eau.

Le climat des H.T. centrales, observé à Fianarantsoa, comporte deux saisons peu variables, une saison sèche de 7 mois en moyenne, dont 6 sont " assurés " d'être déficitaires, et une saison humide de 5 mois, dont 3 sont " assurés " d'être excédentaires (Figure carnet central 10). La saison froide à faible ETP est centrée sur la saison non pluvieuse. Le début de cette saison est marqué par les bruines et brouillards. Le déficit cumulé de 200 mm environ est faible pour un climat tropical, mais, nous le verrons, suffisant pour des feux pastoraux de fin de saison sèche. Les cyclones qui se produisent un an sur trois produisent vents violents et pluies abondantes, accroissant considérablement l'excédent, mais beaucoup plus sur la côte que sur les H.T. (Figure carnet central 12).

La Figure carnet central 11 présente une synthèse agro-climatique du transect. Le nombre de mois secs de 9 mois à l'Ouest de Fianarantsoa baisse jusqu'à quatre en lisière, et s'annule dans la bande est du couloir. En bas de falaise, existe un seul mois sec, deux mois à Kianjavato, 3 mois à Mananjary. Le déficit hydrique cumulé suit à peu près la même distribution régionale, mais la pente d'évolution est régulière et forte en pays betsileo, jusqu'à s'annuler dans le couloir est. Le déficit hydrique cumulé en pays tanala est négligeable, et s'accroît à l'approche de la côte (Mananjary d=200 mm).

Aléa climatique " feu "

Il n'est pas facile d'isoler la composante climatique du risque de feu, tant ce risque dépend aussi des pratiques de mise à feu, des formations végétales et de leur capacité propre de transmission du feu. La durée de la saison sèche est parfois utilisée avec la pluviosité annuelle pour déterminer les limites de l'aire biogéographique des savanes (Heinrich & Hergt, 1990, pour l'Inde). Mais un tel diagramme n'est pas utilisable à Madagascar, où les saisons sèches d'hiver et d'altitude s'accompagnent de plus faibles déficits qu'en zone chaude. Nous avons déterminé indirectement les aires où une saison des feux est possible, en étudiant empiriquement le début de la saison des feux dans les régions herbacées soumises aux feux pastoraux d'entretien et de renouvellement, dont les premiers sont allumés dès que l'état de dessiccation des herbacées pérennes le permet (Kull, 2004). Les zones de feux pastoraux observés par le satellite AVHRR¹⁴ progressent d'Ouest en Est sur une période de 6 mois : côte ouest (Morondava) en juin, moyen-Ouest (Miandrivazo) en août, Fianarantsoa en octobre, lisière ouest du couloir début novembre, pour finir sur la côte est (Mananjary) fin novembre. En même temps que progressent les zones de feux, se déplace vers l'Est un seuil de déficit hydrique P-ETP Penman cumulé de 200 à 300 mm. Ce seuil représenterait un montant équivalent à la réserve hydrique racinaire à épuiser (100-200 mm), ajouté du déficit assurant la dessiccation de la végétation à brûler. Ce seuil représenterait donc le début de la saison climatique du feu.

En bordure ouest du couloir, il existe des années sans feu. Ainsi 2004, année sans feu en lisière ouest, la pluie a commencé après 4 mois de saison sèche, alors que le déficit cumulé n'était que de 96 mm. En 2005, année à feux dans le domaine de la lisière (pins), la pluie est arrivée après une même durée de saison sèche mais après un cumul de déficits de 202 mm. Des vents violents ont accompagné le retard de saison des pluies, produisant un facteur aggravant le risque potentiel.

La zone du couloir forestier et le pays tanala n'atteignent pas le seuil de déficit moyen de 200 mm et n'ont pas ordinairement de " saison des feux " (mais le brûlis y reste possible sur biomasse coupée). Il existe cependant aussi des variations inter-annuelles. Certaines années très sèches sont propices au feu dans le couloir mais on ne dispose pas de séries de données climatiques locales assez longues permettant d'en établir la fréquence.

A l'approche de Mananjary, apparaissent des conditions climatiques propices au feu et, dans le même temps, des savanes côtières.

Excédent hydrique

L'excédent hydrique cumulé présente la variation la plus contrastée puisque de 200 mm dans le pays betsileo jusqu'à la lisière, il augmente jusqu'à 2000 mm en sommet d'escarpement, pour redescendre à 1000 mm à l'Est du pays tanala. La ligne de partage des eaux étant située essentiellement le long de la lisière ouest, cet excédent ne profite pas aux rivières betsileo, si ce n'est dans les alvéoles de surface III qui avancent vers l'escarpement. Un tel excédent montre le statut très différent de l'Est et de l'Ouest du couloir vis à vis de l'érosion, notamment les glissements de terrain qui naissent d'un excès d'infiltration (Rakotonirina, 2006). Cet excédent localisé pourrait avoir joué son rôle dans la genèse du modelé de l'escarpement.

¹⁴ site Web de la NASA

Couverture nuageuse et éclaircissement

Le gradient aigü de précipitations à l'Ouest de l'escarpement va de pair avec celui de l'ennuagement. A toute saison, les alizés humides, en ascendance sur l'escarpement, y favorisent un ennuagement important. En fin de saison pluvieuse et en saison froide, des stratus bas produisent des pluies fines, des bruines, et du brouillard en matinée et soirée. Quand le plafond est à 200 m de hauteur en pays Betsileo et en pays Tanala, toute la partie est du couloir est dans les nuages (Figure 3).

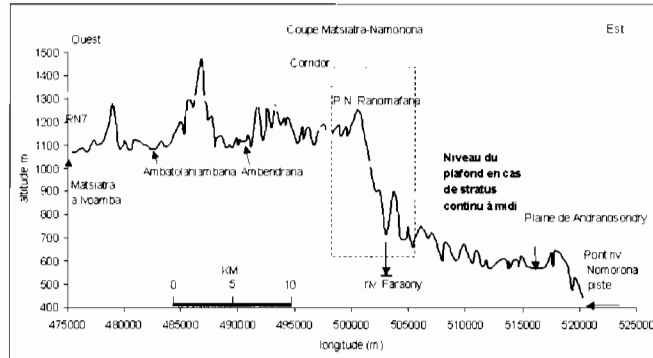


Figure 3. Profil du plafond nuageux en période de stratus diurne comparé au profil topo

Tableau IV. Fréquence (%) des épisodes de brouillards en hiver en fonction de l'altitude (mai-septembre 2006)

Altitude	Lisière ouest du couloir	07h	midi	18h	Falaise	07h	midi	18h
1300	Fourrés de crête	83	3	23				
1200	Forêts de pente	77	0	14				
1100	Rizières, savanes, reliques forêts	73	0	4	Forêts couloir moy altitude	40	32	41
800					Forêts de basse altitude/crêtes	29	19	22
600					Rizières et pentes cultivées	1	1	0

Les observations confirment l'importance de ce phénomène de brouillard persistant d'hiver, notamment en pays tanala et en altitude (Tableau IV) : pendant le quart du temps diurne, la moitié est du couloir et les crêtes de collines sont dans le brouillard. En partie ouest en revanche, le brouillard est rare en journée mais fréquent le matin et en soirée. Non seulement la présence de brouillard et la bruine qui l'accompagne contribuent à accroître l'humidité et le montant des précipitations en forêts de crête en saison sèche¹⁵, mais le brouillard diurne diminue fortement la luminosité. La relation Rg/pluie décadaire à Sahambavy permet d'estimer le rayonnement à Tolongoïna en pied de falaise (400 m). De mai à septembre, le rayonnement y est inférieur à 1250 J.cm²/j. A 800 et 1100 m, les brouillards amènent à le réduire encore de 20% à 30%, la période mal éclairée débutant alors début mars (Figure 4).

¹⁵ Selon Gioda et al., (1992), les forêts nébuleuses insulaires situées en altitude recueillent des précipitations occultes importantes par deux mécanismes : récolte de gouttelettes du brouillard sur des obstacles au vent, notamment les feuillages, condensation au sein de la forêt jouant le rôle de paroi froide.

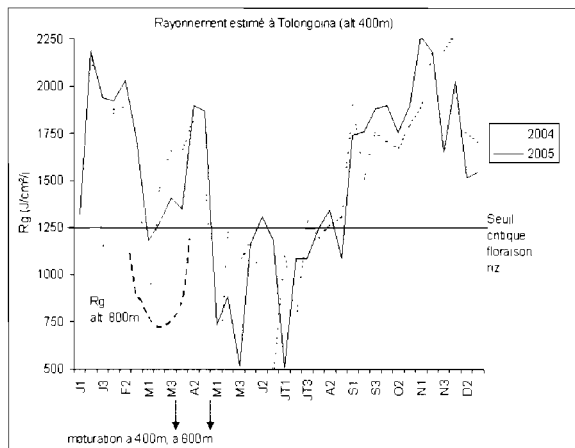


Figure 4. Rayonnement global estimé à la station de Tolongoina (400 m)

Vents et phénomènes microclimatiques

Les dépressions tropicales et cyclones occasionnent chaque année en été des périodes de vents forts dépassant une moyenne de 15 km/h sur 30 mn (mesure à 2 m). Les hauts de pentes exposées à l'Est et les crêtes sont les plus concernés. La luminosité limitante, la température fraîche, ou le vent d'Est dominant produisent des dissymétries micro-climatiques, donnant une grande importance à l'exposition dans toute la zone étudiée.

Influences climatiques sur les types d'écosystèmes et sur leur capacité de résilience

La limite entre le types écologique de la forêts ombrophile sempervirente, et de la forêt de montagne à *Tambourissa* et *Weinmania* (contenant plusieurs espèces décidues) se situe à 800 m, à mi-falaise, en réponse à une variation de température, selon les cartes de végétation (White, 1986). Aucune carte cependant ne propose de variations latérales des types écologiques au dessus de 800 m, malgré le puissant gradient d'éclairement et de bilan d'eau, et des régimes thermiques différents entre la lisière Ouest et Est. Sont surtout différenciés des niveaux de perturbations (forêts secondaires à l'Ouest, peu perturbées à l'Est, chap. 3 et Ratsimisetra *et al.*, 2007, accepté). Pourtant les forêts secondaires de la falaise se différencient à vue d'œil de celles de la bordure ouest du couloir, à altitude égale, par le port des arbres (droit contre évasé), la hauteur de canopée, (20 m contre 12 m), les densités d'arbres, le taux d'arbres décidus... Sur la falaise, où la saison sèche n'existe pas, on pourrait presque parler d'une " forêt des nuages " n'eût été l'altitude trop basse. Sur la lisière ouest, avec 4 mois de saison sèche, un ciel plus lumineux, des hivers plus rigoureux les feuillages sont souvent vernissés. En Inde, ces deux climats différencient nettement deux types de forêt humide, les " sempervirentes " et " semi-sempervirentes " (Heinrich & Hergt, 1990). Il est donc possible d'émettre l'hypothèse que la structure et la composition des forêts, à un stade peu perturbé, étaient différentes sous les deux climats, et qu'il y ait donc deux séries de végétation au sein du couloir et non une seule.

Qu'en est-il, à présent, des réactions de ces diverses forêts aux perturbations ? Dans la partie humide de Madagascar, et de part et d'autre des couloirs forestiers, la régénération forestière après feu, défriche ou glissement de terrain est généralement décrite comme dynamique si ces perturbations sont suffisamment espacées dans le temps (Razafimamonjy, 1987 ; Rasolofoharino *et al.*, 1997 ; Pfund,

2000 ; Styger *et al.*, 2006 ; Randriamalala *et al.*, 2007). Des perturbations récurrentes au contraire favorisent le remplacement des recrûs arborés par des recrûs arbustifs à herbacés. A partir d'un autre seuil de perturbation, apparaissent des couverts seulement herbacés constitués de plantes indicatrices de sols dégradés.

Des différences se produisent cependant en fonction de l'altitude. En basse altitude, les milieux arbustifs à herbacés qui témoignent de perturbations répétées contiennent certaines espèces herbacées ou buissonnantes à caractère invasif et fortement couvrant (*Aframomum* sp., *Lantana* sp., diverses *Melastomataceae*), absentes des milieux de moyenne altitude, où dominent toujours des arbustes ligneux. De même, les milieux dégradés se couvrent d'une Poaceae *Sporobolus subulatus* et d'Ericacées sur les Hautes Terres. Dans le bas pays c'est une Fougère, *Dicranopteris linearis* et une Poaceae *Imperata cylindrica* qui dominent. Ces variations floristiques dans les formations anthropisées et dégradées favorisent la création de contrastes de paysages en fonction de l'altitude, à niveau de perturbation égal, soulignant encore plus l'effet " escarpement ".

Prise en compte du gradient climatique par les pratiques

Un telle variété de conditions climatiques et écologiques fait aussi varier les potentialités et conditions contraignantes pour les systèmes de production ruraux. Chaque petite région du transect Est-Ouest témoigne d'une adaptation homme/milieu dans les pratiques et par conséquent, dans les paysages.

Pays rural betsileo et lisière herbacée

Les climats à l'Ouest du couloir autorisent à la fois une exploitation pastorale basée sur la propagation de feux d'aménagement vers l'Ouest (direction dominante des vents), une irrigation d'intersaison basée sur l'exploitation des excédents hydriques infiltrés dans les altérites et restitués jusqu'en fin d'une saison sèche peu déficitaire, et une culture vivrière pluviale en saison des pluies. La dureté des terres incite au labour mais le climat seulement moyennement érosif autorise le labour sur des champs protégés par des gradins (Serpantié *et al.*, 2006). La population betsileo a ainsi pu maîtriser depuis plusieurs siècles irrigation rizicole, élevage pastoral et cultures pluviales labourées en gradins. On ne connaît pas la date de disparition de la forêt de cette zone, suite aux feux d'aménagement. Les sols des milieux herbacés de bordure du couloir contiennent une matière organique portant partiellement une signature forestière (données non publiées), prouvant une évolution régressive séculaire de la lisière. La forêt coexistait cependant sans doute avec des formations herbeuses en présence de feux naturels récurrents, puisque le climat s'y prête. L'activité rizicole rencontre une contrainte à l'Ouest du couloir : le modelé peu montagneux ne permet pas d'irriguer par gravité des pentes, à grande échelle. L'essentiel est donc une riziculture de bas-fonds, progressivement aménagés à partir de divers noyaux de peuplement, les plus grands ayant été aménagés avec l'aide de l'Etat, depuis le 18^{ème} siècle. En lisière du couloir, l'excédent hydrique dépasse le déficit cumulé, donnant un avantage à cette zone en matière de *vary aloha*, le riz précoce, et de reboisements. Le faible peuplement relativement au centre betsileo et le climat plus humide ont désigné cette zone, ainsi que les hauteurs de plus de 1300 m pour des " reboisements " industriels (Acacia, Pins) et une plantation de thé.

Les prairies et pseudo-steppes du début du 20^{ème} siècle ont ainsi été partiellement converties en cultures pluviales (manioc) et reboisements pour répondre aux besoins d'une population croissante et à des objectifs de développement industriel.

Bande ouest du couloir

Dans la bande ouest, le risque de feu est réduit à certaines années. Les forêts plus ou moins fragmentées et fourrés (arbustes, arbres isolés, fougères) ne brûlant que rarement à l'occasion de feux volontaires ou accidentellement lors de graves sécheresses et vents forts, se maintiennent en

régénération. Le fort gradient d'humidité vers l'Est et le faible déficit hydrique cumulé (environ 100 mm), suffisent à expliquer cette zone de transition entre forêt continue et savane anthropisée. Les reliefs de l'Est betsileo au dessus de 1300 m, plus humides que les plaines (pluies et brouillards), sont dans la même situation. Les plateaux ventés, les crêtes qui les prolongent (sols moins favorables) et versants nord chauds sont plus sensibles au feu, déterminant les principaux espaces de fourrés et d'herbes. Les fonds de vallons et les fortes pentes exposées au Sud et à l'Est, plus humides et abritées du vent, maintiennent seuls des forêts. Vers 1250 m, il fait trop froid pour le *vary aloha* (riz précoce) et le manioc. Au *vary be* (riz de pleine saison), taro et canne à sucre en bas-fonds, s'ajoutent donc maïs et haricot qui requièrent de la fertilité, donc des pratiques de défriche-brûlis. Ces forêts reliques en bordure du pays rural betsileo ont été mises en culture en fin du 20ème siècle mais la savanisation ne s'y produisant qu'après de nombreux cycles de culture, le paysage reste dominé par les jachères arbustives. Un élevage sédentaire existe, mais il est défavorisé par l'humidité, certaines parasitoses (distomatose), et les faibles températures (cf. chap. 11).

Centre du couloir

Au centre du couloir, on trouve des savanes incluses autour de vastes marécages, déjà signalées par Delpy (1903). Comment expliquer leur présence dans un milieu aussi humide où la régénération forestière devrait être active ? En attendant des données archéologiques, et sans exclure des causes naturelles (feux de fermentation liés aux marécages, résidus de paléoclimats plus secs), les pratiques de production permettent d'avancer des hypothèses. Les marécages aux sols " flottants " en font un site privilégié pour le pâturage mais aussi permet la pêche aux écrevisses et anguilles. Pendant la période la plus ensoleillée (novembre), des feux sont allumés afin de réduire la biomasse végétale du marais et faciliter la pêche. Les éleveurs recherchaient des pâturages isolés pour se protéger des voleurs. Ils ont agrandi ces savanes initiales par des feux pastoraux annuels. Jusqu'à 1990 les feux pastoraux étaient des feux d'entretien. Un embuissonnement des savanes fait suite à l'abandon récent de ces feux, ordonné par l'autorité du parc. Les marécages ne sont pas exploités pour le riz, alors que des paysans colonisent de petits bas-fonds à proximité. Ils invoquent des marécages trop profonds, des terres tourbeuses *manara* (" froides " = infertiles, mal drainées), exigeant trop d'investissements.

Bande est du couloir et région de la falaise

La bande de l'Est est totalement forestière, simplement ponctuée de traces d'exploitation des bois d'oeuvre, des bambous et de quelques campements de collecteurs de miel. En abordant l'escarpement vers le bas, la forêt cesse brusquement à la cote 800 m, formant une lisière continue et assez régulière. La population tanala qui habite les villages en pied de falaise vers 500 m d'altitude, sous climat plus chaud que les Hautes Terres, partage son activité agricole entre quatre principales cultures : riz pluvial et manioc sur pente en défriche brûlis, riz de bas-fond, et cultures arbustives (café, bananier, canne à sucre). L'installation d'une exploitation suppose de produire du riz à proximité. Or il n'y a pas de bas-fonds dans la zone de la falaise. Le risque érosif très élevé (glissements sur fortes pentes) limite les possibilités de terrasses et interdit le labour (Serpantié *et al.*, 2006). Qu'en est-il du riz pluvial, dont la culture sur défriche-brûlis récurrente, bien qu'adaptée au climat et aux pentes non aménagées, conduit à la disparition de la forêt ? Au dessus de la cote 800 m, les Tanala évoquent de fréquents accidents de développement : *havana* (blocage de l'épiaison au stade gonflement de l'épi), *mipoka* (avortements d'épillets), et donc un faible rendement, dissuasif. Les paysans mettent en cause les sols et certains aspects du climat du haut de falaise, froid, pluies fines fréquentes et vents. D'un point de vue agronomique, plutôt que d'incriminer les sols forestiers acides, que le brûlis suffit à corriger pour le temps d'une culture, l'existence d'un gradient climatique accusé le long de l'escarpement conduit à rechercher plutôt des causes impliquant le rapport climat-plantes. La baisse de température de 400

à 800 m accroît d'un mois la durée de cycle des variétés traditionnelles tanala (Toamasina et Malady) qui sont des variétés à cycle fixe. Ce retard de développement est de faible conséquence, à moins qu'il n'occasionne une rencontre de phases sensibles (phase reproductrice) avec de mauvaises conditions climatiques, ce qui est le cas de cette période (mars-avril) et en ce lieu précis. Il se produit souvent des vents forts et une faible luminosité¹⁶ qui occasionnent des accidents d'épiaison et des stérilités, des pluies fines continues et précipitations occultes qui perturbent la pollinisation, et une forte humidité favorisant diverses pathologies. Prises isolément, aucune de ces conditions, très variables suivant les années, n'est rédhibitoire : c'est la combinaison de ces risques qui constitue une contrainte, tandis qu'au contraire, le milieu de basse altitude convient à tous points de vue au riz pluvial des Tanala, tant qu'il reste des terrains convenables. Afin de surmonter cette contrainte d'altitude avec les mêmes variétés, les semis devraient être plus précoces (septembre au lieu de novembre), mais la première condition nécessaire au brûlis, la dessiccation des biomasses, ferait alors défaut. L'excès d'humidité, de fertilité et la présence de ravageurs (sangliers) nuisent aussi fortement au manioc.

Ces contraintes techniques aux cultures vivrières malgaches de base et des opportunités de culture maintenues en pays tanala (des forêts sont encore disponibles) expliquent que la forêt tanala de la falaise ait conservé sa limite vers 800 m. La température étant seulement une composante de la contrainte climatique complexe des escarpements, on peut comprendre la persistance de forêts sur des reliefs de plus faible altitude mais marqués par un escarpement, tels que le couloir de Vondrozo (500 m), le sud du couloir de Ranomafana-Andringitra (600 m) ou le massif de Tsangatsanga (500 m). Les seuls sites où la lisière remonte au dessus de 800 m sont les zones bananières bien exposées (Nord), proches des voies de communication, souvent habitées par des migrants non-tanala. Le bananier est une plante pérenne tolérante aux faibles ensoleillements saisonniers et aux excédents d'humidité, qui préfère les sols humides et organiques. Bien que cette culture soit pérenne, et donc moins gourmande en forêt que les cultures vivrières temporaires, elle est responsable de la remontée de la lisière au dessus de 800 m. Cependant elle connaît aussi une limite d'altitude au delà de laquelle elle produit peu (vers 1000 m).

Prise en compte des phénomènes micro-climatiques par les pratiques

Sur les Hautes Terres, les ubacs sont d'expositions sud et est (cultures à jachères longues, reliques forestières), les adrets sont exposés nord et ouest (terrasses, végétations dégradées par le feu). En zone tanala, les ubacs sud, humides et peu ensoleillés, sont défrichés en dernier, et les adrets nord sont recherchés. Une telle dissymétrie s'observe sur l'altitude de la limite forestière sur la falaise, les tronçons bien exposés étant défrichés à plus haute altitude.

Discussion générale et conclusion

A l'échelle régionale, le " grand escarpement " qui limite l'Est du couloir provoque un gradient climatique prononcé. Cette étude a décrit trois sous-climats contrastés à l'intérieur du climat peu homogène de la " frange orientale des H.T. " de Morat (1969) et Donque (1971) : climat de la lisière ouest (Sahambavy), climat de la bande ouest (Ampamaherana), et climat complexe de l'escarpement (stations étagées de haut en bas : Ranomena, Talatakely, Valbio, Tolongoina). Ce dernier est encore seulement partiellement caractérisé. Ces climats locaux doivent être identifiés au regard de leur influence prépondérante en matière de structuration des écosystèmes et des paysages, des potentialités et des contraintes vis à vis des systèmes de production. On retrouve ce type de climat sur les autres

¹⁶ niveau critique de 1250 J/cm .j selon De Datta, 1981 cité par Moreau 1987, et Arraudeau 1998

escarpements de l'Est, aux pluviométries près. L'absence de saison déficitaire en eau, de faibles ensoleillements, et des brouillards, les caractérisent essentiellement.

Souvent l'on présente les différents peuples paysans malgaches " compartimentés " par les reliefs ou les grands massifs forestiers (Le Bourdieu, 1974). Cette réalité géographique doit être expliquée. Les paysans ne craignent ni les reliefs (les Tanala exploitent des pentes de 40° au dessus d'à-pics), ni la forêt, comme leur nom l'indique. C'est le climat spécifique de ces lieux, peu propice aux feux et au tavy, donc à la civilisation " du riz et du boeuf ", et une morphologie sans bas-fonds; qui a contribué ainsi à y conserver partout la forêt, et en a fait des " *no man's land* " avec des rôles politiques (frontière) et écologiques (conservation de la biodiversité malgache) induits. Seuls ont perturbé ou rajeuni ces écosystèmes les catastrophes naturelles (cyclones et glissements de terrains résultants), l'exploitation des bois et du bambou, la chasse, la pêche, les mines, les voies de communication, certains organismes introduits (rats, sangliers, plantes exotiques), ainsi que des feux exceptionnels.

L'extension latérale du climat le plus " protecteur ", au dessus de 800 m, n'est que de 5 km par escarpement. Il est prolongé à l'ouest par le climat de transition de la " bande ouest ", encore propice à une forêt d'un autre type, mais un peu plus propice aux activités rizicoles de bas-fonds et pastorales. Il s'ensuit que des escarpements successifs et serrés produisent des conditions idéales pour maintenir de vastes massifs forestiers (cas de l'Andringitra). Trop écartés, il apparaît dans l'intervalle un climat moins protecteur qui accroît le risque de fragmentation du couloir (cas du pays Zafimaniry) (Figure carnet central 4).

Le rôle des variables physiques apparaît crucial à l'Est de Madagascar. Ces facteurs devraient être pris en compte par les gestionnaires de l'environnement, notamment en matière de localisation des aires protégées (AP). Certes les gestionnaires utilisent des cartes géologiques et des cartes climatiques pour délimiter des aires à protéger et optimiser ainsi la biodiversité préservée par un échantillonnage exhaustif des milieux. Le problème provient de l'usage de cartes du milieu physique à trop petite échelle, alors que les variations intra-régionales sont essentielles à considérer dans le rapport complexe nature physique / nature biologique / hommes. Les AP actuelles, de même que les futures AP qui doivent les relier en tant que " corridors écologiques ", sont généralement situées en sommet d'escarpement, sur des zones relativement peu menacées de déforestation. N'y a-t-il pas dans ce réseau d'aires protégées une certaine sur-représentation des forêts d'escarpement, et une sous-représentation des forêts de la bande ouest et des climats de basse altitude ? Les menaces et pressions sur ces forêts relictuelles d'escarpement restent limitées par l'absence de feu, la contrainte climatique et l'inadaptation actuelle des systèmes de culture à celle-ci. Au contraire, maintenir des forêts naturelles en basse altitude où les conditions favorisent autant l'agriculture représente un véritable défi. En altitude, l'introduction inconsidérée de nouvelles techniques (variétés de riz pluvial d'altitude) au nom du développement des aires périphériques aux AP, pourrait dès lors produire des effets aggravants sur les processus de déforestation. Mais ces nouvelles techniques, si elles conviennent à ces régions encore relativement préservées de l'agriculture pluviale, s'imposeront de toute façon. Aussi faut-il que la gestion de la forêt implique suffisamment les riverains, pour que l'opportunité de nouvelles techniques mieux adaptées à ce climat contraignant mais déforestantes soit équilibrée par l'existence de contraintes d'accès et d'opportunités économiques forestières dans le cadre d'une gestion durable et profitable aux riverains de la forêt du couloir.

Chapitre 3

Le couloir forestier de Fianarantsoa : forêt " primaire " ou forêt des hommes ?

Carriere S.M., Ratsimisetra L. & Roger Edmond

Résumé : A Madagascar, peu d'études concernent la structure et la composition des forêts de l'Est à l'échelle locale. Pourtant, le processus actuel de création de sites de conservation devrait se baser sur une bonne connaissance écologique et historique de ces forêts afin d'établir des zonages pertinents et compris et reconnus par chaque acteur. Cette étude tente de montrer que la forêt au Nord du couloir forestier de Fianarantsoa reliant les parcs nationaux de Ranomafana et d'Andringitra est constituée d'une mosaïque forestière très diversifiée présentant les stigmates d'une présence humaine ancienne dans la région. Pour cette étude, des relevés écologiques ont été effectués le long d'un transect Est-Ouest afin d'embrasser la variété des milieux, des climats et le degré d'anthropisation. Des enquêtes ethnoécologiques et un inventaire des sites historiques d'occupation ancienne ont été menés. Cette approche combinée d'écologie végétale et historique a permis de déceler et de cartographier des zones où perdure une végétation composée d'espèces de forêts secondaires et de forêts matures. La forêt du Nord du couloir est ainsi constituée d'Est en Ouest d'une mosaïque d'au moins six formations et 14 associations végétales. Nombre de ces associations présentent divers degrés de perturbation sans pour autant afficher une faible richesse en espèces. Ces résultats montrent que, s'il existe des forêts secondaires matures, c'est que, contrairement aux idées reçues, la forêt malgache dans cette zone est capable de se reconstituer après perturbation. En outre, les sites d'occupation humaine ancienne sont présents un peu partout, ce qui montre que cette forêt est, depuis des temps lointains, un lieu de vie et de refuge pour les hommes. Ces résultats corroborent ceux obtenus en écologie végétale par d'autres équipes sur la forte représentation des forêts secondaires (recrûs post culturaux, post-feux, forêts exploitées) dans le couloir forestier. Enfin, ces résultats sont discutés afin de préciser quelles peuvent être les conditions de maintien de la forêt et de sa régénération par rapport au contexte actuel de fragmentation des blocs forestiers, d'augmentation de la pression sur les terres et de l'intensité d'utilisation des sols pour l'agriculture dans la région.

Introduction

Tout comme en de nombreux points à Madagascar, la forêt tropicale humide, qui borde l'est des Hautes-Terres dans la région de Fianarantsoa, est menacée par diverses pressions d'origines humaine, biologique et climatique (Goodman & Razafindratsita, 2001). La transformation de cette forêt, haut lieu d'endémisme, entraîne une perte de biodiversité. Ce site constitue de ce fait une zone privilégiée pour les actions de conservation ou de développement, voire les deux combinées. Le "corridor" forestier de Fianarantsoa deviendra bientôt l'un des nombreux sites de conservation dans le cadre de la Vision Durban (Blanc-Pamard & Ralaivita, 2004 ; Carrière-Buchsenschutz, 2006).

Sur les plans biologique et écologique, cette bande de forêt demeure encore mal connue. Même si les inventaires concernant la faune sont nombreux, anciens et bien distribués le long de ce couloir forestier, il n'en est pas de même pour les études de la végétation qui ne concernent le plus souvent que les forêts les moins perturbées les plus à l'Est (Goodman & Razafindratsita, 2001 a et b).

Pourtant, ces connaissances pourraient être utiles pour planifier les actions de conservation et définir les zones dédiées à la stricte conservation de la biodiversité et celles à l'utilisation durable et rationnelle des ressources naturelles.

A Madagascar, l'influence de l'homme sur les écosystèmes apparaît relativement ancienne (2000 an BP) (Burney, 1997). Les écosystèmes visés par la conservation, plus particulièrement les forêts primaires, sont donc déjà fortement perturbés (Lowry II *et al.*, 1997). Les formes que revêt cette modification du milieu par l'homme sont encore très mal connues. D'ailleurs, les forêts de l'Est sont toujours représentées de la même manière sur les cartes à l'échelle du pays (Figure carnet central 13) ;

elles sont pourtant très différentes d'un versant à l'autre et a fortiori d'une région à l'autre. Peu d'études mettent en évidence les mosaïques qui composent une majorité des formations forestières et qui dominent pourtant à l'échelle locale (Goodman & Razafindratsita, 2001). La majorité des forêts malgaches présente des signes de secondarisation voire d'anthropisation (Ranarivelo & Kotozafy, 2001). Il existe une contradiction entre le fait que les forêts primaires *stricto sensu* n'existent plus à Madagascar et le fait que les formations secondaires sont toujours décrites, vues et pensées, comme étant très pauvres en biodiversité (Lowry II *et al.*, 1997). Une question se pose alors : où se trouve la biodiversité à Madagascar ?

Ce chapitre s'attachera à décrire et à analyser l'origine de la diversité des formations et des associations végétales qui composent le couloir forestier Ranomafana-Andringitra à travers une approche écologique et historique. Ensuite, l'idée très répandue qui établit que la forêt malgache présente des difficultés à se régénérer sera discutée à la lumière de ces résultats. Les hypothèses que nous avons formulées ont été les suivantes : (1) les forêts de ce couloir constituent une mosaïque de différents types ; (2) une grande partie des forêts dites " primaires " de ce couloir serait plutôt des forêts secondaires matures d'âges divers ; (3) les formations forestières secondaires ne sont pas toujours pauvres en espèces ; (4) l'hétérogénéité du paysage forestier est aussi bien entretenue par les activités humaines que par les conditions du milieu naturel. Pour tester ces hypothèses, les questions suivantes se sont posées : (1) combien de types de formations végétales et de forêts existent dans le couloir forestier ? (2) comment les pratiques humaines et le milieu ont-elles influencé les forêts du couloir ? (3) est-ce que les résultats des enquêtes ethnoécologiques corroborent les études écologiques, à savoir qu'il y a très peu de forêts primaires ?

Le site d'étude

Dans le couloir forestier Ranomafana-Andringitra, hormis les relevés effectués par l'équipe de Goodman & Razafindratsita (2001), peu de résultats sont disponibles. Ces rares relevés ont de plus été établis dans les forêts jugées les moins perturbées, les plus homogènes et donc situées les plus à l'Est de la bande de forêt, au total dans 7 sites le long d'un transect Nord-Sud entre les deux parcs (Figure carnet central 14). Dans ces sites, l'altitude était soit inférieure ou égale à 800 m, soit supérieure à 1000 m (Ranarivelo & Kotozafy, 2001). Les autres études de végétation ont été réalisées dans les deux parcs (Ranarivelo & Kotozafy, 2001). Peu d'études ont donc concerné la mosaïque végétale du couloir forestier dans sa diversité. Aucune d'entre elles ne s'est intéressée aux effets des perturbations anthropiques, bien que les forêts perturbées dans cette zone semblent représenter une majorité de la superficie (Lowry II *et al.*, 1997 ; Ranarivelo & Kotozafy, 2001).

La présente étude de végétation a été effectuée le long d'un transect est-ouest qui coupe le couloir forestier de part en part au Sud du parc national de Ranomafana au niveau de la commune d'Androy (Fokontany lambara et Amindrabe, Figure 5) afin d'embrasser la diversité des types de formations et d'associations et de se situer le long d'un gradient d'anthropisation, tout en faisant varier la position topographique, l'altitude et donc le climat. Ce choix a fait suite à une mission de prospection qui a consisté à traverser le couloir forestier à pied dans cette zone (Carrière *et al.*, 2004). Les caractéristiques biophysiques de chaque site sont résumées dans le Tableau V.

Matériels et méthodes

Les relevés phytosociologiques ont consisté à inventorier des surfaces homogènes représentatives de chaque type de forêts, après avoir déterminé les aires minimales correspondantes (Legendre & Legendre, 1984). Ainsi, l'étude a porté sur 14 relevés (Cf. Tableau V pour les caractéristiques biophysiques des parcelles) de 0,1 hectare chacun soit 1000m² subdivisés en 10 carrés de 10m x 10m

chacun. Le choix des sites avait pour but d’embrasser la diversité des associations et des formations végétales en présence dans cette partie du couloir tout en faisant varier l’altitude, la position topographique et le degré de perturbation lié à la mise en culture (c’est-à-dire la proximité aux villages du versant ouest betsileo).

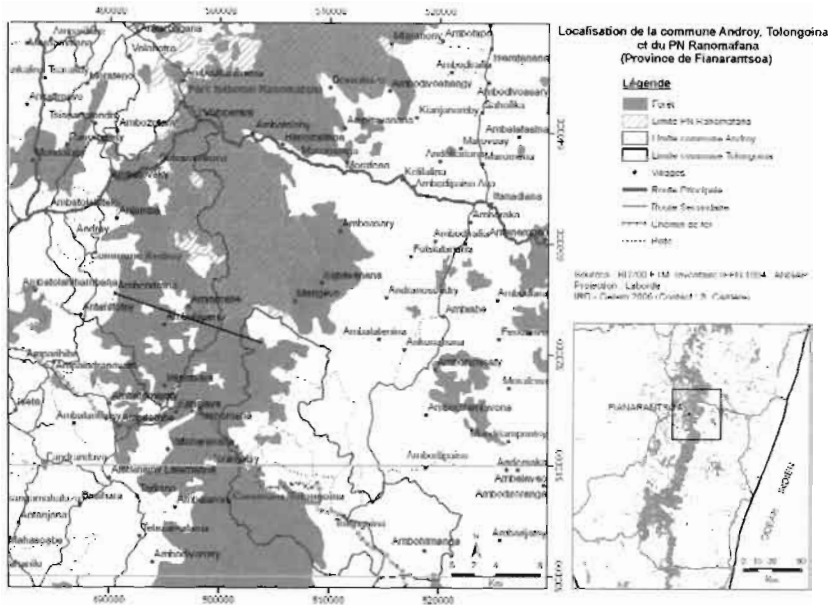


Figure 5. Localisation du transect pour les études des formations et associations végétales.

Tableau V. Caractéristiques biophysiques des sites d’étude.

Relevés	Localités	Coordonnées géographiques		Altitude (m)	Exposition	Pente (°)	Topographie
R1	Tsiafody	S 21 23' 923	E 47 24' 063	1225	E	34	mi-versant
R2	Ampehienandrandrana	S 21 24' 033	E 47 24' 401	1013	SE	35	mi-versant
R3	Lavahazo	S 21 23' 962	E 47 24' 832	920	NE	18	mi-versant
R4	Ampanarivo	S 21 22' 553	E 47 20' 431	1240	S	23	bas-versant
R6	Ambohipanja	S 21 25' 123	E 47 19' 056	1405	NNE	25	mi-versant
R7	Ambohimalaza	S 21 21' 407	E 47 21' 654	1200	ESE	15	bas-versant
R8	Tsifafana	S 21 21' 638	E 47 20' 027	1224	SE	18	mi-versant
R5	Ampandrambato	S 21 22' 377	E 47 20' 317	1266	NNW	10	crête
R9	Ampasimpotsy	S 21 24' 407	E 47 24' 523	973	E	34	mi-versant
R10	Amindrabe	S 21 23' 259	E 47 21' 514	1194	SW	33	mi-versant
R11	Ranomena	S 21 24' 384	E 47 23' 151	1042	SSW	10	bas-versant
R12	Ampasimpotsy	S 21 24' 301	E 47 24' 911	832	NE	10	bas-versant
R13	Ambohipanja	S 21 24' 861	E 47 18' 635	1303	NW	20	haut-versant
R14	Ambohipanja	S 21 24' 861	E 47 24' 635	1420	NNW	-	haut-versant

Les paramètres d’étude sont d’ordres stationnel, floristique et édaphique. Ils ont permis de procéder à une classification hiérarchique de la végétation en intégrant le coefficient de Jaccard, afin de comparer deux à deux les relevés homogènes et de voir s’ils sont similaires (Humbert & Cours Darne, 1965). Des groupes de formations végétales ont été établis grâce aux variables biotiques de la végétation (richesse spécifique R_s , indice de régularité E , biovolume V , densité des ligneux D_s , hauteur maximale H_m). Grâce aux perceptions paysannes sur le degré de perturbation de la forêt et à une approche d’écologie historique, l’ancienneté de l’occupation de la forêt à été mise en

évidence. Enfin, des inventaires de sites d'occupation ancienne (tombeaux, stèles, exploitation minière, jachères anciennes, Planche photographique 1) ont révélé l'étendue de l'influence de l'homme.

Résultats

Les formations forestières le long du transect peuvent se subdiviser en trois grandes parties (Figure 6) le long d'un gradient biophysique et anthropique (l'intensité des perturbations diminuant vers l'Est) orienté Est-Ouest.

Les espèces inventoriées dans ces 14 relevés sont au nombre de 274, réparties en 88 familles et 171 genres et composées en majeure partie par des microphanérophytes (34%), des Fougères (7%) et des Orchidées épiphytes (9 %). La famille des Rubiaceae demeure la mieux représentée. Les espèces endémiques sont représentées dans la flore par un taux de 67%.

Ouest

- Forêts claires aux troncs tortueux et de petites tailles
- Recrûs d'âges divers, mosaïques agri-forestières, forêts de reboisement (*Dombeya*, *Schismatoclada*, *Eucalyptus*...).

- Forêts aux troncs larges et de taille moyenne.
- Forêts secondarisées
- Recrûs d'âges divers

Est

- Forêts aux troncs larges et de grandes tailles.
- Forêt matures (*Weinmannia*, *Ocotea*, *Sloanea*, *Dalbergia*...)

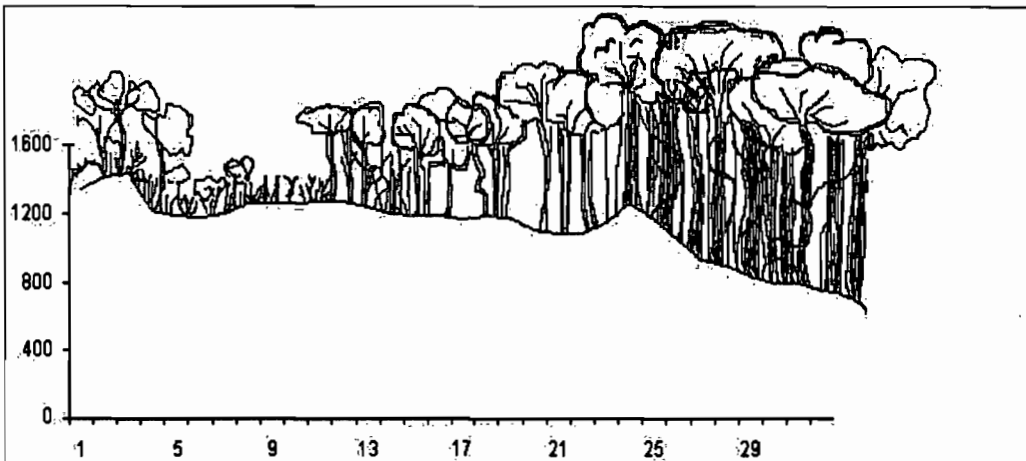


Figure 6. Catena de végétation le long du transect Est-Ouest (Secondarisée se dit d'une formation qui a subi des transformations permettant l'installation d'une formation secondaire) (Da Lage et Métaillié, 2001).

Les types de formations et leurs caractéristiques sont représentés dans le Tableau VI. Sur les 14 relevés, 6 types de végétations et 14 associations végétales ont été dénombrés, parmi lesquelles 3 forêts matures, 2 recrûs post-cultureux, 1 recrû post-exploitation aurifère, 1 recrû post-feu, 3 forêts écrémées, 2 forêts ripicoles, un fourré et une végétation de type saxicole.

Les relevés les plus riches qui comptent plus de 100 espèces par relevé sont des forêts dites "primaires" bien que présentant des signes de perturbations (présence d'espèces pionnières), des forêts écrémées (anciens sites d'exploitation sélective de bois d'œuvre) et des ripisylves (qui bordent les cours d'eaux). Cependant, certaines forêts secondaires ou recrûs forestiers post-cultureux de divers âges (estimés sur la base d'observations et de recoupements grâce aux enquêtes avec les habitants de la zone) présentent une diversité inférieure mais comparable à celle des forêts dites "primaires", entre 88 et 70 espèces par relevé pour quelques unes d'entre elles (Tableau VI). Les formations les plus

pauvres en espèces sont, de loin, les fourrés ou jeunes recrûs, les associations saxicoles et les recrûs post-feux jeunes (Tableau VI). De même, les hauteurs de formations sont plus élevées dans les forêts matures (primaires et secondaires), les forêts écrémées et les ripisylves. En ce qui concerne les caractéristiques structurales (Tableau VI) : la densité des arbres au DHP supérieur à 10 cm est importante dans les ripisylves, les forêts matures et relativement importantes dans les recrûs post-cultureux âgés et les forêts écrémées. Pour ce qui est du biovolume, les résultats sont quelque peu différents : il est plus ou moins important pour les forêts " primaires " et l'une des ripisylves étudiées, mais il chute très vite dans les forêts secondaires de tous âges et les forêts écrémées. Enfin, la densité de ligneux (nombre d'individus par hectare) est relativement faible pour les forêts " primaires ", l'un des recrûs secondaires âgés, le recrû post-feu, les forêts écrémées, les ripisylves et le fourré. En revanche cette donnée augmente fortement dans le cas des recrûs forestiers post-cultureux et l'une des forêts écrémées (cinq fois plus important).

La composition floristique manifeste une grande hétérogénéité (Tableau VI). En effet, sur les 14 relevés effectués dans la zone d'étude, six types de formations ont été identifiés et 14 associations végétales soit une par relevé. On observe la forte représentation des formations à *Polyscias* spp. (Araliaceae) dans l'ensemble des relevés (soit 6 relevés sur 14), ce qui peut témoigner, entre autre, du degré de perturbation du milieu, cette espèce étant pionnière héliophile.

Tableau VI. Analyse des formations et associations végétales

Relevé (0,1 ha)	Types de formation	Associations végétales (2 esp. les plus abondantes vérif ortho)	Richesse spécifique/relevé	Densité des ligneux (Ø=2,5cm, n tiges/ha)	Dhp > 10 cm/relevés	Hauteur maximale voule forestière (m)
R1	Forêt mature peu perturbée de crête ou de pente	<i>Weinmannia bojeriana</i> et <i>Aphloia theaeformis</i>	94	13580	140	15
R2		<i>Dalbergia baronii</i> et <i>Mammea sessiflora</i>	105	15620	155	22
R3		<i>Polyscias ornifolia</i> et <i>Vernonia exerta</i>	88	11600	133	19
R4	Forêt secondaire post-culturelle âgée de crête ou de pente	<i>Polyscias ornifolia</i> et <i>Weinmannia bojeriana</i>	88	20230	76	12
R6		<i>Polyscias ornifolia</i> et <i>Vaccinium secundifolia</i>	82	49828	75	12
R7	Forêt secondaire âgée post-extraction aurifère de crêtes ou de pentes	<i>Polyscias ornifolia</i> et <i>Carissa madagascariensis</i>	82	24140	109	10
R8	Fourré secondaire post-feu de crêtes ou de pente	<i>Weinmannia rutenbergii</i> et <i>Pteridium aquilinum</i>	31	1750	0	4
R5		<i>Polyscias ornifolia</i> et <i>Vernonia moquinoides</i>	72	13810	126	7
R9	Forêt matures écrémées de crêtes ou de pentes	<i>Weinmannia rhodoxylon</i> et <i>Erythroxylon nitidulum</i>	103	9140	142	16
R10		<i>Syzygium emimense</i> et <i>Colliandra alternans</i>	112	13470	109	12
R11	Forêt mature ripicole	<i>Dalbergia baronii</i> et <i>Weinmannia bojeriana</i>	110	8130	216	14
R12		<i>Tambourissa perrieri</i> et <i>Erythroxylon nitidulum</i>	92	8610	106	15
R13	Fourré secondaire de crêtes ou de pentes	<i>Philippia floribunda</i> et <i>Polyscias ornifolia</i>	6	9000	0	4
R14	Formation saxicole naturelle	<i>Senecio decaryi</i> et <i>Kalanchoe pubescens</i>	9	0	0	0.5

Cette hétérogénéité est confirmée par l'analyse des coefficients de Jaccard effectués sur les compositions floristiques, qui a permis de comparer deux à deux chacun des relevés afin de voir leur degré de similarité et d'obtenir une classification hiérarchique de la végétation (Figure 7).

Deux relevés sont considérés comme significativement proches s'ils ont une similitude supérieure ou égale à 50 % c'est-à-dire qu'ils ont au moins la moitié sinon plus d'espèces communes que d'espèces qui les différencient (Legendre & Legendre, 1984). C'est le cas des relevés R1 et R2 (forêts primaires) et de R9 et R12 (forêt écrémée et ripisylve) (Figure 7). Les autres parcelles présentent des coefficients plus faibles, inférieurs à 0.47, en particulier R4 et R11 (forêt secondaire et ripisylve) et R5 et R6 (forêt secondaire et forêt écrémée). Le relevé R13 (fourré saxicole) ne ressemble à aucun autre groupe. Ce résultat atteste également de la relative diversité et de l'hétérogénéité des associations et formations végétales au sein de cette partie du couloir forestier.

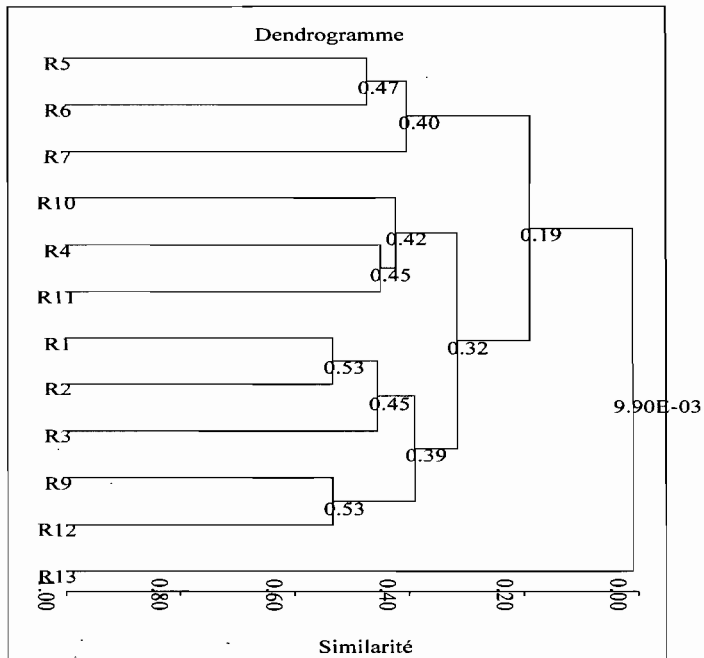


Figure 7. Dendrogramme issu de la matrice des coefficients de similitude

Les variables biotiques (indices de régularité, richesse spécifique, hauteur maximale, densité des ligneux et biovolume) ont fait l'objet d'une Analyse en Composantes Principale (ACP) et de tests t, afin de déterminer des groupes, puis de comparer les moyennes des différents descripteurs des relevés au sein des groupes. La Figure 8 montre la projection des 13 relevés d'étude sur le premier plan factoriel.

Le premier plan factoriel absorbe 88 % de la variance totale. Dans ce plan, l'axe 1 absorbe plus de 60% de l'inertie totale, il est essentiellement constitué de trois variables biotiques : la richesse spécifique S, l'indice de régularité R et la hauteur maximale Hm.

Ce premier axe sépare 2 groupes : le premier est constitué par R8 (recrû post-feu) et R13 (fourré à *Philippia*), caractérisé par de faibles richesses spécifiques, indices de régularité et hauteurs maximales. Le second groupe est formé par R1, R2, R3, R4, R5, R6, R9, R11, R12, riches en espèces et à hauteurs maximales élevées et dont la répartition des espèces est plus équitable.

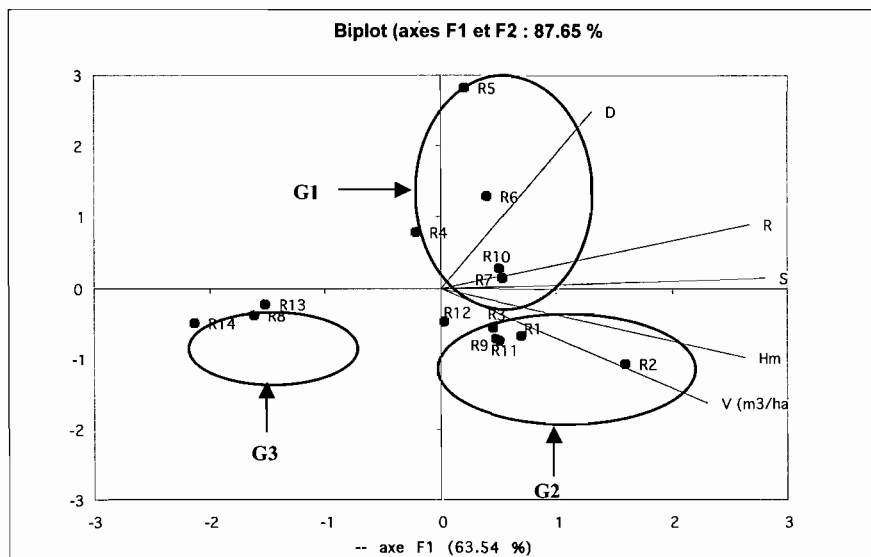


Figure 8. Ordination des 13 relevés d'étude sur le premier plan factoriel

Le deuxième axe absorbe 24 % de l'inertie totale. Il est essentiellement constitué par la densité du peuplement D et du biovolume V et il sépare les recrûs forestiers à forte densité (R5, R6, R4, R7 et R10), des forêts primaires et des ripisylves, à faibles densités mais à biovolumes plus élevés (R12, R3, R9, R1, R11 et R12).

L'analyse des résultats de l'ACP fait en définitive apparaître trois groupes principaux :

- Groupe 1 constitué de R4, R5, R6, R7, R10. Ce sont des forêts matures, et des forêts écrémées caractérisées par un faible biovolume et accessoirement une forte densité ;
- Groupe 2 formé par R1, R2, R3, R4, R5, R6, R9, R11, R12. Ces relevés sont des forêts matures qui se caractérisent par un fort biovolume ;
- Groupe 3 représenté par un groupe à part avec R8 et R13. Il associe un recrû arbustif à un fourré, tous deux de faible richesse spécifique.

Le Tableau VII montre les résultats des tests appliqués successivement aux descripteurs biotiques des deux groupes identifiés par l'ACP.

Tableau VII. Test de Tukey HSD

	Indice de régularité R	Richesse spécifique S	Hauteur maximale HM	Densité des ligneux D	Biovolume V
Degré de significativité	0,00**	0,00**	0,04*	0,014*	0,00**

* significatif

** hautement significatif

Le groupe G3 n'a pas été inclus dans l'analyse pour deux raisons : d'abord, il semble présenter un faible degré de similarité par rapport aux deux autres groupes. Ensuite, le groupe G3 ne possède que deux individus statistiques (R8 et R13), ce qui est insuffisant pour effectuer une analyse statistique. Les descripteurs biotiques varient significativement en fonction des groupes, en particulier la richesse spécifique et l'indice de régularité. Associés au groupe 1, ils sont significativement différents de ceux des deux autres groupes, le biovolume du groupe 3 est significativement différent de celui du groupe 2. La classification issue de l'ACP est pertinente : elle met en évidence trois groupes de formations végétales de physionomie et de diversité différentes.

Les résultats des enquêtes et les inventaires de sites anciens d'occupation de la forêt attestent la présence de l'homme dans la forêt de ce couloir depuis fort longtemps (plusieurs siècles probablement). Les Betsileo de la lisière connaissent de nombreux sites de forêts secondaires âgées qui sont perçues en tant que telles et appelées *kapoka* (Carrière *et al.*, 2005) ainsi que des sites pensés comme des forêts naturelles *ala gasy* où se trouvent des indices écologiques (espèces pionnières à longue durée de vie) et culturels (tombeaux, stèles, vestiges de cases...) témoins d'une perturbation d'origine anthropique ancienne du milieu forestier (Figure carnet central 15). Ces indices attestent la présence humaine et permettent de dire que les actuelles forêts dites " primaires ", qui portent les stigmates de perturbations anthropique et naturelle (cyclones, *feux*, chablis) passées, sont en réalité pour nombre d'entre elles des forêts secondaires âgées ou matures.

Ces enquêtes corroborent de plus les résultats des relevés de végétation qui montrent que les perturbations ont engendré des modifications (surfaces terrières, biovolumes) tant dans la composition (présence d'espèces d'Ambohimalaza (R7) qui est un ancien village, site d'exploitation aurifère datant des années 1900 (Blanc-Pamard & Ralaivita, 2004) voire même d'avant.

Discussion et conclusion

La végétation originelle du couloir Ranomafana-Andringitra est une forêt dense ombrophile pluristratifiée de la série à *Weinmannia* (Cunoniaceae) et *Tambourissa* (Monimiaceae) du Domaine du Centre Est (Goodman & Rakotoarisoa, 1998), composée de formations naturelles et modifiées, ainsi que de recrûs post-agricoles de tous âges sur le versant ouest. Les forêts naturelles sont préservées et peu perturbées, sur le versant est, mais ne peuvent plus être considérées comme intactes.

A la vue de la diversité des types de formations (6) et des associations végétales (14) pour seulement 14 relevés, mais aussi de la prédominance de formations végétales secondarisées suite aux activités humaines (Goodman & Razafindratsita, 2001a), aux feux et aux cyclones, il apparaît illusoire, dans ce contexte, de vouloir définir ce qu'est une forêt primaire. C'est pourquoi le terme de forêt mature a été employé. Nos résultats ont corroboré nombre de recherches antérieures à Madagascar qui ont montré la faible représentation des forêts " primaires " *stricto sensu* à l'heure actuelle (Ranarivelo & Kotozafy, 2001 ; Moreau, 2002). En effet, " l'exploration, au cours de ces dernières années, de nombreuses réserves et blocs de forêts naturelles à Madagascar, même dans des sites très éloignés des habitations modernes, a permis de constater des traces fréquentes de présence humaine " (Goodman & Rakotoarisoa, 1998). Dans la réserve spéciale du Pic d'Ivohibe, un site situé plus au Sud, excepté quelques restes d'une occupation ancienne par les hommes, la forêt et les communautés animales ne montrent plus aucune trace nette de cette occupation humaine (Goodman & Rakotoarisoa, 1998). Même les forêts secondarisées mais matures peuvent ne plus présenter les stigmates de perturbations antérieures. Nos résultats confirment à une échelle locale, l'hypothèse de l'inexistence de forêt primaire au Sud du parc de Ranomafana.

D'autres recherches ont mis en évidence le rôle social et symbolique de la forêt en tant qu'espace de vie et de retraite à certaines époques (Dubois, 1938), bien que le peuple betsileo soit le plus souvent considéré comme un peuple de la rizière, sans référence à ses attaches forestières au moins pour les populations de lisière (Carrière *et al.*, 2005). Ces considérations impliquent deux réflexions : la première, c'est que la forêt malgache présente des possibilités certaines de régénération dans cette région comme dans d'autres (Goodman & Rakotoarisoa, 1998), tant qu'elle reste peu fragmentée et ne subit que de faibles perturbations ; et la deuxième, est qu'il est difficile voire impossible de quantifier la déforestation des forêts matures dites " primaires " et, de fait, d'estimer la perte de biodiversité qui les accompagne. En effet, s'il est délicat de définir les forêts aujourd'hui, il apparaît difficile de se baser sur des documents anciens pour estimer la déforestation, ne sachant pas comment ces forêts " primaires " ont été définies à travers les époques. En revanche, les techniques modernes utilisant la télédétection sur plusieurs dizaines d'années semblent plus appropriées, bien qu'elles soient limitées pour différencier les forêts matures des forêts secondaires. La déforestation du couvert boisé peut en revanche être évaluée plus simplement. De plus, il pourrait être pertinent de procéder à une cartographie, à une échelle locale, des forêts secondaires afin de comprendre l'origine et l'étendue des différentes formations et associations végétales actuelles, leur degré de perturbation ou de secondarisation, et enfin d'en retracer l'histoire et donc de comprendre l'origine de leur diversité.

Les résultats montrent de plus que les forêts secondaires ne sont pas toujours synonymes de faibles richesses spécifiques, contrairement à ce qui apparaît fréquemment dans la littérature sur le sujet. Ce constat montre simplement qu'il fut un temps où les hommes surent vivre à proximité des forêts et de leur biodiversité, utilisant l'écosystème, lui laissant des opportunités de régénération. Il serait peut être grand temps de revenir sur cette époque pour tirer des leçons pour l'avenir mais également pour mieux prioriser les sites d'intervention pour la conservation de la biodiversité.

Chapitre 4

Déforestation à Fianarantsoa au 20^{ème} siècle : un "corridor" en sursis

Serpantié G., Toillier A., Carrière S. & Razanaka S.

Résumé : La dynamique de déforestation des forêts de l'Est est généralement décrite comme rapide. Celle du couloir de Fianarantsoa aussi, dérivant de l'action destructrice de deux " fronts pionniers ". Une telle description est contradictoire avec les facteurs physiques, écologiques et humains expliquant la rémanence de couverts forestiers matures et continus en bordure d'escarpements (chap. 1,2,3). Afin de préciser les dynamiques environnementales actuelles, une analyse de la dynamique d'occupation du sol par le couvert forestier à l'échelle régionale s'imposait. La démarche est basée sur une cartographie actuelle du couvert végétal de la zone nord du corridor et d'une comparaison avec des archives. La cartographie actuelle repose sur la classification d'une image multispectrale SPOT 5 de mars 2004 (10 m résolution) avec segmentation préalable entre trois régions écologiques, chacune divisée en deux domaines pentes et bas-fonds à partir du SIG. Des cartes des principaux types de couvert et d'autres cartes plus détaillées ont été produites. La réalisation d'une nomenclature de couverts végétaux est inspirée du modèle de classification des végétations de l'UNESCO. Elle décrit sommairement la structure horizontale (densité), la structure verticale (hauteur moyenne), la composition floristique (deux classes). Les cartes les plus simples séparent couverts boisés naturels ou plantés (plus de 6 m), fourrés arbustifs (2-6m), milieux herbacés. Pour s'adapter à l'échelle de nombreuses représentations entre 1/50000 et 1/100000, la notion de couvert boisé dominant a été utilisée. L'analyse d'archives (descriptions littéraires, cartes, images) a consisté d'abord en une critique et une contextualisation permettant de sélectionner les archives exploitables pour des comparaisons diachroniques selon notre nomenclature. Il a été mis en évidence une rupture dans les nomenclatures des couverts boisés dans les années 1930, invalidant certaines analyses célèbres de la déforestation malgache. L'analyse diachronique à court terme exploite une image Landsat TM de 1993 avec un traitement multidate. A l'échelle du 20^{ème} siècle, la disparition du couvert forestier naturel affecte essentiellement les forêts de basse altitude de l'Est tanala (soumises au tavy, aux conversions en plantations, aux chantiers de bois) jusqu'à la cote 800 m, donc en limite est du corridor nord. Une érosion de la frange ouest par endroits et un mitage de la bande ouest sont localement observés, se poursuivant la dernière décennie moins rapidement. Il existe ainsi une évolution paradoxale, puisque le corridor est désormais plus menacé de rupture à partir de sa bordure betsileo, excepté dans les zones de persistance de forêt de basse altitude (Sud corridor) où le tavy tanala réduit la largeur de la bande forestière continue.

Mots clés : déforestation, Madagascar, corridor, Betsileo, Tanala, Ranomafana, Andringitra, couvert.

La déforestation provient d'un bilan négatif entre la destruction du couvert forestier et sa création, conduisant à la réduction progressive de l'étendue d'un couvert forestier. Ce dernier est représenté par un état arboré haut et fermé sur plus de 40% de la surface d'une parcelle (Puig, 2001). La déforestation est spécifique aux pays tropicaux (PNUE, 2002). Où se produit la déforestation, à quel rythme, pour quels types de forêts ? On manque de réponses, notamment pour des questions de définition des forêts, de méthodes de mesure non standard, et de rareté d'études locales (Rossi, 1999 ; Michon *et al.*, 2003).

Sur la dernière décennie du 20^{ème} siècle, le taux de disparition moyen annuel de forêts naturelles est estimé à -0,8% pour l'ensemble africain (FAO, 2001) et à -0,9% pour Madagascar (CI, 2002). Madagascar ne serait donc pas un des pays les plus exposés, mais plutôt représentatif. Les dernières déforestations majeures du 20^{ème} siècle y ont eu lieu surtout dans le Sud-Ouest (CI, op.cit). Mais les forêts de l'Est disparaîtraient aussi, de façon plus diffuse, aux taux très élevés de -1,7% par an (Green & Sussman, 1990). En revanche d'autres données, citées chap. 2, font état de dynamiques beaucoup moins rapides : -0,4% à -0,6% au niveau des couloirs forestiers de l'Est (cité par Dufils, 2003), ce qui semblerait plus compatible avec la protection des forêts d'escarpement par des facteurs physiques et

humains (chap. 2). Afin de mieux saisir les tendances et les origines de la déforestation, les dynamiques et leur diversité au sein d'un même pays et à plusieurs échelles, méritent d'être précisées et comparées. Nous nous intéresserons ici aux forêts de la province de Fianarantsoa, en particulier celles du " corridor " Ranomafana-Andringitra choisies par les promoteurs de la conservation pour leur grand intérêt biologique et les menaces qui pèsent sur leur continuité.

Soumis à des fronts de déforestation sur ses deux lisières (Rabetaliana *et al.*, 2003), il fait l'objet, depuis la décennie 1990, d'actions de conservation de diverse nature (parcs nationaux, gestions forestières locales contractualisées, projet de sites de conservation).

En effet, cette question n'est pas seulement d'ordre scientifique. L'accélération au 20^{ème} siècle de la déforestation de la ceinture intertropicale représente un des problèmes environnementaux majeurs, dont les conséquences sont multiples : perte d'habitats écologiques, de biodiversité, de ressources pour l'économie rurale et industrielle, de services, production de gaz à effet de serre (PNUE, 2002). Dans le cadre des politiques de conservation de la biodiversité des écosystèmes forestiers, de multiples actions de lutte contre la déforestation ont été entreprises, notamment autour des corridors. Le premier critère pour " prioriser " les actions de conservation est souvent biologique : échantillonnage biologique représentatif, rareté des populations. Le niveau de menace de déforestation est aussi un critère essentiel à observer, à la base de la notion de *hot spot* (Myers *et al.*, 2000). La recherche doit ainsi accompagner ces actions qui ont des impacts importants sur les populations riveraines (Harper, 2002) et notamment, préciser les niveaux de menace (Carrière, 2006).

Ce chapitre retrace la dynamique du couvert végétal au 20^{ème} siècle, le chapitre suivant en éclairant les causes. Il illustrera la faiblesse des connaissances actuelles, et l'utilité pour la conservation de la prise en compte des dynamiques locales.

Matériel et méthodes

Pour aborder la déforestation, les variables étudiées sont la couverture forestière et sa composition. La composition du couvert a été limitée aux espèces des forêts malgaches, et exotiques plantées (pins, eucalyptus, et acacias).

La transformation spatiale du couvert forestier a été étudiée à différentes échelles en différenciant ensembles forestiers continus, blocs discontinus et type de fragmentation.

L'étude s'est portée sur l'état actuel et ses transformations en cours par comparaison de classifications d'image satellite à deux dates, 1993 et 2004. Afin de reconstituer le passé, une méthode historique a été utilisée : recherche méthodique d'archives (écrits, cartes, et témoins matériels du passé), critique et sélection des sources (notamment par comparaison de sources différentes, contextualisation, prise en compte des méthodes de détection et cartographie), et enfin leur interprétation. A partir des états du couvert reconstitués à diverses dates, et moyennant des hypothèses (taux de déforestation constant ou surface déforestée constante), la dynamique du couvert a été modélisée et des projections ont été calculées.

Méthode d'analyse du couvert végétal 2004 et de la dynamique 1993-2004

Une cartographie à haute résolution du couvert végétal par télédétection à deux dates a été suivie d'une analyse de cette carte avec l'aide d'un Système d'Information Géographique (SIG) sous Mapinfo ©. Une image SPOT 5 du 26/3/2004 (4500 km) de définition 10 m avec filtrage 5x5, et une image Landsat TM de 1993 de pixels de 30 m sans filtrage ont été utilisées. La classification exhaustive des couverts végétaux s'est fondée sur la connaissance du terrain à l'échelle parcelle, et a été guidée par la nomenclature de White (1986) basée sur la hauteur moyenne du couvert et sa densité. Mais l'état " forêt dense " (couvert arboré dense de plus de 10 m) est plus difficile à cartographier que l'état

" boisé ", incluant les milieux secondaires assez hauts pour être considérés régénérés, telles que des canopées arbustives de 6 m de hauteur minimum, avec arbres émergents de 10 m minimum ; la classe des " fourrés " est constituée de couverts arbustifs de 2 à 6 m de haut à arbres éparses ; les " couverts herbacés " forment le reste. L'état de fragmentation forestière, qui favorise souvent la perte de biodiversité interne (Puig, *op.cit.* ; Burel & Baudry, 1999), a été précisé. Une forêt est fragmentée quand le taux de pixels " forêt " d'une parcelle est comprise entre 40 et 70% (Puig, 2001). Le type de fragmentation (linéaire, insulaire, diffus ou massif) a aussi été considéré.

La région étudiée étant très accidentée et nuageuse, la méthode a aussi dû être adaptée à ces conditions reconnues comme limite pour l'application de la télédétection satellitaire (Robin, 2002). En s'appuyant sur des parcelles d'entraînement connues au sol (300 parcelles), en supposant l'atmosphère homogène horizontalement sur des segments d'image de mêmes altitude et climat, on peut ignorer les effets atmosphériques (Deschamps *et al.*, 1981). Pour l'image 1993, les photographies aériennes FTM de 1991 ont servi d'aide pour la classification thématique¹⁷.

Dynamique au 20^{ème} siècle

Dans les archives trouvées, de diverse nature¹⁸, les qualités de détection, les échelles de restitution, les résolutions, et les nomenclatures, sont variables. Aux échelles disponibles (env. 1/100000), ces informations sont évidemment très différentes des images satellite actuelles. Elles informent cependant sur les " blocs " forestiers, c'est-à-dire des zones où le cartographe a jugé que le couvert boisé dominait. Il a fallu cependant vérifier, par recoupements, ce que chaque cartographe entendait par " bois " ou " forêt ", et sélectionner les sources compatibles avec notre propre nomenclature. Les données cartographiques interprétées selon une nomenclature commune ont été transférées dans le SIG après corrections géométriques. La zone Tolongoina-Ranomafana a été prise comme zone test.

Résultats

Les états successifs du couvert boisé sont d'abord reconstitués en fonction de notre nomenclature, avant que les dynamiques soient analysées et modélisées.

Identification et reconstitution des états de couvert

Etat actuel

La nomenclature de la carte issue du traitement de l'image SPOT 2004 se divise en trois thèmes : couverts boisés naturels, plantations arborées (pin, eucalyptus), couverts non boisés (Figure carnet central 3a). La validation a donné des résultats satisfaisants. Les ombrages liés aux pentes forte surestiment la classe " boisé ", et les versants éclairés la sous-estiment.

Cette interprétation à haute résolution renouvelle l'image rendue par la cartographie à faible résolution, qui représente habituellement un couloir forestier isolé dans un ensemble non boisé (IEFN,

¹⁷ Un ré-échantillonnage de résolution 30 m en 10 m a permis une superposition pour une analyse multidade. Les canaux vert, rouge et proche infrarouge ont été exploités. Le traitement des images a commencé par une segmentation en trois zones d'altitude et de climat homogène. Dans les deux cas, il a été mis en œuvre une classification supervisée de chaque segment à partir d'un maximum de classes radiométriques (CR) obtenues par la méthode des centres mobiles. L'affectation des CR en classes de couvert se base sur le choix du thème de terrain le plus fréquent, et sur la visualisation de l'ensemble de la CR sur l'image.

¹⁸ Descriptions littéraires et croquis du 20^{ème} siècle (missionnaires norvégiens, anglais, français, administrateurs et géographes-naturalistes français) ; cartes militaires (service géographique) de 1903 à 1940, photo-aériennes et cartes civiles (IGN, FTM) de 1950 à 1990, avec cartes forestières et de végétation dérivées (Humbert et Cours-Darne, 1965) ; cartes obtenues par télédétection depuis 1975 (Landsat MSS) (Faramalala, 1993 : CI, 2002 ; Kew Garden, ss presse).

1994 ; base de données FTM 1/500000). Le couloir central se distingue certes très bien du reste, mais les deux régions latérales, généralement représentées non boisées, sont en fait riches en milieux boisés dispersés et fragmentés.

La région betsileo, à l'Ouest est représentée par une mosaïque de milieux boisés et non boisés. Les couverts non boisés dominant, ponctués de massifs boisés artificiels (pins, eucalyptus) discontinus. Cette région contient des fragments de forêts naturelles dans les rares zones d'altitude supérieure à 1300 m. Les plantations forestières sont de deux sortes : grands massifs industriels de pin et d'eucalyptus en bordure de couloir forestier, et plantations d'eucalyptus de faibles dimensions et disséminées dans les terroirs.

Le couloir forestier est une forêt naturelle de moyenne altitude dont le couvert boisé est très hétérogène à l'Ouest (mosaïque de fourrés, de forêts fragmentées linéairement par crêtes et thalwegs ou insulairement, de forêts continues), et continu à l'Est. La morphologie du couvert permet ainsi de distinguer nettement deux bandes, ouest et est, divisant longitudinalement le couloir. La limite ouest de la bande hétérogène est très découpée. Aussi pour désigner cette limite, le terme de frange serait mieux approprié que le terme de lisière. En revanche, la lisière est de la bande continue montre un tracé assez régulier et se cale assez précisément sur la courbe de niveau 800 m, au milieu de l'escarpement tanala. A proximité des voies de communications (Tolongoïna, Ranomafana), la lisière atteint 1000m sur les versants Nord.

La région tanala, à l'Est du couloir, se présente comme une mosaïque de milieux où le couvert boisé dense est très minoritaire mais omniprésent. Il existe une multitude de lambeaux forestiers de taille petite à moyenne (quelques ares à 1 km²), souvent groupés sur des reliefs. La densité de lambeaux est forte entre 400 et 800 m, faible en dessous de 400 m.

Etat ancien

La comparaison des cartes à très petite échelle les plus anciennes (Grandidier, 1875 ; Sibree, 1880) avec la plus récente (IEFN, 1994) montre une ressemblance certaine (Figure carnet central 16). On distingue les couloirs forestiers de l'Est malgache et des massifs isolés de l'Ouest. Il existe cependant des différences régionales nettes entre les deux dates. Ainsi la bande forestière de l'extrême Est, perçue par les deux explorateurs, apparaît émiettée ou inexistante en 2000. Selon ce que l'on apprend par les descriptions littéraires (Besson, 1893), la représentation cartographique était localement exagérée et extrapolée : ce deuxième " couloir " était en réalité discontinu et moins large que sur sa carte. Les pays tanala central et sud, montrés peu boisés sur la carte de Sibree, correspondent en revanche bien aux descriptions littéraires des premiers voyageurs occidentaux, qui n'y voyaient jamais un massif boisé mais un espace peu boisé (Sibree, 1876 ; Besson 1893)¹⁹. Les massifs forestiers de basse altitude, qui représentaient déjà moins de la moitié du couvert en 1875, sont à présent très émiettés. En revanche, le couloir forestier de moyenne altitude (corridor) serait resté inchangé. La déforestation aurait donc surtout concerné le pays tanala de basse altitude et épargné le couloir.

Les documents à grande échelle nous fournissent des possibilités de comparaison sur les états forestiers locaux. La description du pays Tanala de Besson (1893)¹⁹ par la route Ranomafana-Mananjary correspond bien à la représentation du levé de reconnaissance de Delpy (1903) au 1/80000 (4 classes explicites de couvert : forêt vierge, petite futaie, brousse, autre) ainsi que les cartes du Service Géographique de 1925 (1/200000) en deux classes (bois, autre). Le taux de milieux boisés

¹⁹ " Sa superficie [du pays tanala](...) 5000 à 6000 km (...), le quart à peine de cette étendue se trouve couvert de grands arbres entrelacés de mille lianes qui caractérisent la bande forestière de l'Est (...), de 12 à 15 km de large. Le reste du pays, est coupé, de loin en loin, à l'est, par d'autres bandes de bois plus étroites, et dans sa partie moyenne, par des îlots de verdure ou des bouquets d'arbres mélangés de ravinales. Partout ailleurs, on ne trouve qu'une brousse plus ou moins touffue, formé surtout par des longouzes (...). Enfin l'herbe croît sur certaines collines et au fond des vallées (...)" (Besson, 1893, p2).

y varie de 25 à 50 %. La région Ifananadiana-Tolongoina est la plus forestière. Ces deux cartes et descriptions sont aussi compatibles avec la carte des forêts de Madagascar de Lavauden et al. (1931) au 1/1000000. Ces premières représentations cartographiques fines constituent des références fiables des blocs à couvert boisé dominant.

Etats intermédiaires

Selon notre propre interprétation des photos 1954 et 1957 de la partie est du corridor et du pays tanala, quatre thèmes sont faciles à discerner et à représenter au 1/100000 : milieux boisés continus (bande est du couloir forestier), boisés dominants mais isolés, arbustifs bas dominants, herbacés dominants (Figure carnet central 18a). Les espaces à dominante boisée sont minoritaires (24%) conformément aux représentations du début du siècle, et amoindris par rapport à l'état 1903 (50%), selon la dynamique de déforestation de cette région soumise au tavy, à la conversion en caféières arbustives et à la croissance de population.

Nous avons tenté des recoupements avec les cartes officielles. Les cartes du service géographique au 1/100000 de 1933 (feuille O53), 1935-1937 (feuille P53) et 1940 (feuille O54) ont une échelle compatible avec notre photo-interprétation. Il n'en va pas de même avec leur nomenclature. Ainsi la feuille P53 de 1935 (pays tanala) ne connaît que deux classes : bois et brousses. Ce couvert " boisé " est représenté dominant (>80 %) et même continu, limitant les zones de brousses aux abords de villages, routes ou bords de rivières, qui étaient en réalité herbacés. Cette représentation est contradictoire avec notre interprétation, mais aussi avec les textes et cartes antérieures qui représentaient toujours des couverts boisés hauts inférieurs ou égaux à 50%. Les milieux arbustifs bas, qui auraient dû être placés dans une catégorie " brousse " ont été probablement inclus dans l'unité " bois ", alors que sur les cartes antérieures, ils en étaient probablement exclus. Le même problème se pose, côté ouest du couloir.

Les cartes IGN- FTM des années 1950-1970, réalisées pourtant à partir de photographies aériennes des années 1950, ont développé une nomenclature en trois classes. Mais elles reproduisent pourtant un couvert boisé dominant (60 à 75%), comme en 1935-1940 (Figure carnet central 18b). Il faut donc admettre que là encore, des milieux arbustifs de faible hauteur ont été inclus dans la classe des " bois " dans l'esprit de la carte antérieure 1935.

Parmi les sources servant à évaluer, même grossièrement, la couverture forestière ou boisée, toutes les cartes officielles IGN-FTM depuis 1935, ainsi que les cartes scientifiques (Humbert et Cours-Darne, 1965) et forestières dérivées, issues du modèle d'interprétation de l'époque, sont donc à écarter pour forte surestimation du couvert forestier (Figure carnet central 18c, Figure carnet central 18d).

Dynamique forestière au 20^{ème} siècle

L'évolution du couloir sera d'abord décrite à partir de celle de ses marges, plus précisément l'enveloppe des couverts boisés dominants (Ouest) et continus (Est), ainsi qu'à partir de l'apparition et de la croissance des clairières (Figure carnet central 17). Celle du pays tanala de basse altitude sera décrite à travers l'évolution des blocs où le couvert boisé domine (Figure carnet central 19). Puis une modélisation et des projections seront établies.

Frange du pays betsileo

La seule " avancée " forestière probante dans la région est la petite forêt d'altitude de Ialatsara (Nord Ambohimahaso, au Nord de notre zone). Elle est notée " brousse " sur la carte de Delpy où elle est environnée de formations ouvertes. C'est actuellement un espace fortement boisé : forêt naturelle environnée de reboisements d'eucalyptus (depuis 1927) et de pins (années 1950).

De 1903 à 2004, le long du corridor, l'espace boisé a reculé, mais plus ou moins par endroits. Les principaux reculs perceptibles à l'Ouest sont la quasi " disparition " du massif boisé du Tafia,

transformé en zone de fourrés et de cultures ; un recul net, sur 2 kilomètres environ, de la limite à l'Est d'Ampamaherana et Ampatsy, au Sud de Mahasoabe, et à l'Est d'Ambohimahaso. Il existe un profond recul sur près de 8 km, dans le haut bassin versant de la Matsiatra (Vinanitelo). Globalement, ces reculs maintiennent la forme générale du corridor.

Des clairières existaient déjà en 1903 (savane incluse d'Anjavidy). Les grandes trouées de la zone d'Androy-Amindrabe, transformées en cultures et fourrés, se sont initiées au début du siècle (sites d'orpaillage) puis se sont développées après 1956.

Lisière est du couloir

En moyenne altitude, la forêt de la bande de l'Est est restée continue. En 1903, la lisière des forêts continues voyait son altitude varier nettement en fonction de la pente de l'escarpement. Ainsi dans les secteurs de forte pente (sud Tolongoïna), la lisière commençait à 400 m, contre 600 m au Nord de Tolongoïna. La lisière est restée stable jusqu'en 1956. En revanche elle a depuis légèrement reculé de quelques kilomètres, en remontant l'escarpement, essentiellement au Sud de Tolongoïna. Actuellement la lisière est alignée sur la cote 800 m, et, dans de rares secteurs (versant au Nord, voies de communications avec villages de migrants betsileo), sur 1000 m. Cet alignement sur une cote stable marque une étape de stabilisation, autrement il existerait des avancées différentielles.

Evolution des blocs forestiers en pays tanala

La Figure carnet central 19 analyse l'évolution du couvert forestier de la bande Est du corridor et des basses terres depuis 1903. La population tanala avait établi ses villages dans les vallées, déterminant les premières zones déforestées (environ 50%) essentiellement en dessous de 400 m. Les blocs résiduels des zones de moyenne altitude ont été fragmentés et réduits de moitié en 1956 (24%), constituant un réseau de blocs boisés alignés sur les principaux reliefs. Le processus de déforestation s'est poursuivi à plus faible vitesse pour parvenir en 2004 à un taux de blocs résiduels de 10%, maintenus sur les reliefs les plus élevés (>600 m). Le couvert forestier de chaque bloc a reculé à l'intérieur de ses limites antérieures et l'on n'observe quasiment jamais de nouvelles forêts. Il persiste aussi une infinité de petits bouquets d'arbres en sommet de collines ou sur pentes très raides.

Modélisation et projections

La Figure 9 représente l'évolution forestière de la zone cartographiée, modélisée à partir des trois points reconstitués, et de deux hypothèses : taux de déforestation annuel constant, ou surface déforestée constante. Ils tentent des projections dans l'avenir et dans le passé basées sur l'application du taux de variation annuel ou de la variation annuelle de surface.

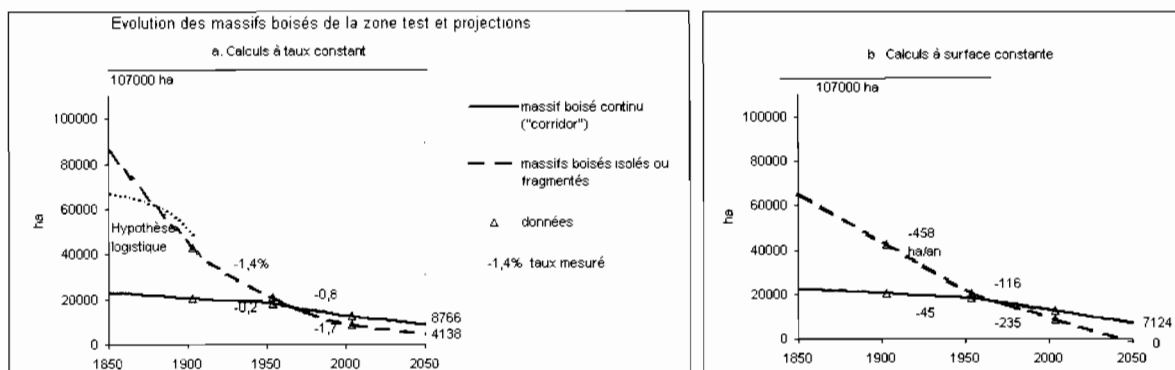


Figure 9. Modélisation de la déforestation de la zone tanala " forestière " et projections

La différence entre les deux types de forêt (continue de moyenne altitude à faible dynamique, fragmentée de basse altitude à dynamique rapide) est bien illustrée. En basse altitude, le taux de déforestation mesuré sur les deux demi-siècles est proche de -1,5%, ce qui pourrait donner un avantage au modèle à taux constant. Selon ce dernier, il restera la moitié des blocs actuels résiduels en 2050, alors que selon l'autre hypothèse, il n'y en aura plus.

Si l'on remonte dans le passé en revanche, y compris en choisissant un autre modèle de type logistique, simulant une phase initiale plus lente, la déforestation du bas pays tanala apparaîtrait comme un phénomène qui aurait pris de l'importance en fin de 19^{ème} siècle.

Dynamique actuelle

Malgré les imperfections de l'analyse multirate 1993-2004 (superposition encore imprécise), des résultats peuvent être interprétés de l'image obtenue (Figure carnet central 20).

Il n'apparaît aucune évolution dramatique de la frange ouest, si ce n'est dans les plantations forestières du pays betsileo. Dans le secteur d'Androy, et de Vinantelo, des plantations de pin installées en marge du couloir ont été converties en champs de manioc ou sont en régénération après exploitation du bois, suivie de feux.

C'est au sein de la bande ouest du couloir que des modifications locales apparaissent le plus :

- Certains fragments forestiers isolés de la frange extrême ont presque disparu pendant cette période (Androy) ; en revanche, à Vinantelo où la déforestation a connu son paroxysme entre 1956 et 1990 (cf. chap. 5), la dynamique s'est ralentie.
- Dans la bande ouest, de multiples clairières sont apparues, d'autres de sont étendues (Androy, Ampamaherana et Ampatsy, au Sude de Mahasoabe), renforçant le mitage existant en 1990. Les nouvelles conversions se situent soit à proximité d'un bas-fond ou d'un simple thalweg, soit agrandissent des clairières plus anciennes, associées à d'anciens noyaux de peuplement (Amindrabe). Il existe aussi des cas de retour forestier (réel ou d'artefact), atténuant ce bilan.

Sur le versant Est, l'évolution semble aussi ralentie.

- Sur la lisière tanala, des conversions sont enregistrées sur une bande très étroite en dessus de 800 m pour les expositions Nord et en dessous pour les expositions Sud.
- En pays tanala de basse altitude, des forêts résiduelles ont été défrichées pendant cette période.

Ces faibles conversions forestières de la décennie passée arrivent après les grands mouvements antérieurs de conquête des bas-fonds de la lisière betsileo et des forêts tanala de basse altitude. Elles se produisent aussi dans une période de forte sensibilisation et interventions (contrats GCF, parcs...) visant à l'abandon du défrichement.

Discussion

Il convient de revenir sur les méthodes employées, et notamment sur la démarche historique basée sur l'interprétation d'archives. Ensuite les dynamiques interprétées seront discutées non seulement sur leur intérêt scientifique mais aussi dans le cadre des politiques de conservation actuelles.

Approches de l'histoire de l'état d'occupation des sol

La recherche sur l'état ancien du couvert boisé, défini par un couvert haut (>6m) et fermé, a nécessité de partir du matériel et des méthodes des cartographes, et de critiquer leurs représentations. Il a fallu rejeter des sources dont certaines sont les cartes officielles IGN-FTM, et d'autres des cartes scientifiques (Humbert & Cours Darne, 1965) utilisées dans certaines publications sur la déforestation des plus citées (Green & Sussman, 1990). Un tel rejet massif de documents de référence doit être

discuté. Les données cartographiques militaires de 1903, de 1925, 1931 ont paru cohérentes avec des descriptions littéraires d'explorateurs. Mais la carte 1935-P53 qui donne seulement deux catégories de végétation, semble avoir conclu un " mauvais choix fondateur", en incluant sous le thème " bois " des milieux arbustifs bas, alors que le plus souvent l'on interprète " bois " par " milieu arboré ", donc " forêt ". Ce choix a été reproduit ensuite. Le recours à la photo-interprétation n'a rien arrangé, si les cartes antérieures servaient de base d'interprétation. La surestimation du couvert forestier s'est aggravée dans toutes les cartes dérivées. Non seulement elles ont interprété " bois " par " forêt " mais n'ont pas respecté, en changeant d'échelle, l'importance relative de la thématique. Ainsi sur la même zone représentative du pays tanala " forestier ", avec les mêmes sources photographiques 1954-1957 (Figure carnet central 18a, b et c), notre photo-interprétation donne un couvert boisé de 24%, compatible avec les représentations du début du siècle. En revanche les cartes FTM au 1/100000 font état d'un couvert boisé de 60 à 70%, la carte de Humbert et Cours-Darne au 1/1000000 donne un recouvrement forestier de 80%. Green & Sussman (1990) ont utilisé cette dernière. Sur la carte de Madagascar de prestige, en relief, distribuée par IGN, cet espace est à 100% forestier !

On pourrait penser qu'avec la généralisation de la télédétection, les cartes récentes sont plus fiables. Pourtant, des interprétations inexactes s'y observent aussi. De 1903 à 1993 (carte IEFN, 1994, qui sert à tous les SIG officiels ou d'ONG), la forêt dense semblerait avoir gagné sur l'Ouest en de nombreux points (Mandaratsy, Amparameherana, Ambohidalangina, Ambohimahasoà). Après vérification sur les documents DGEF de reboisements (Mottet, 1960), et nos reconnaissances de terrain, ces " nouvelles forêts naturelles" sont partout de grandes plantations industrielles (pin, eucalyptus) mises en place dans les années 1950-1970 sur des milieux où se maintenaient seulement par endroit des fourrés et des bosquets naturels. Cette erreur de représentation des forêts naturelles revient dans la plupart des cartes officielles, même les plus récentes obtenues par télédétection, mais réalisées sans validations régionales. La classe " forêt " identifiée par télédétection n'est en effet pas séparable facilement entre forêts naturelles et artificielles anciennes. Nous-mêmes avons été obligés de séparer manuellement ces classes en fonction de nos reconnaissances de terrain.

Une autre anomalie méthodologique s'observe dans les cartes de déforestation, obtenue en superposant deux images rasters. Dans la carte de déforestation de CI (2002), reprise par le document de référence de gestion forestière malgache (Meyers *et al.*, 2007), il n'existe aucune entrée de nomenclature " non-forêt devenue forêt ". Un tel oubli est étrange. Une telle classe non seulement existe par régénération biologique de fourrés en forêt, mais de plus elle existe nécessairement comme artefact de mauvaise superposition d'images dans les zones fragmentées (Figure carnet central 20). Pour un bilan juste de déforestation, on doit déduire cette classe du nombre de pixels " forêts devenus non forêts " dont une partie est aussi due à ce type d'artefact, symétriquement. En omettant de signaler la classe de régénération (pour nettoyer l'image multidate de ses artefacts ?), on surestime la déforestation.

Il n'en reste pas moins que nos propres choix, et interprétations comportent eux-mêmes un degré d'incertitude, sachant que notre travail repose aussi sur une interprétation d'archives. C'est à la chance d'avoir trouvé aux Archives Nationales une carte de 1903 au 1/80000 avec relief et couverture forestière en plusieurs catégories explicites, et plusieurs autres sources convergentes, que l'on doit nos relatives certitudes. C'est aussi à la visite de la région tanala qui montre des traces anciennes de transformation anthropique telles que des landes *roranga*, milieux dégradés par plus d'un siècle de tavy répétés et de feux d'entretien, et qui prouvent que la déforestation n'y date pas partout des années 1960-70 comme le suggèrent les cartes IGN/FTM.

Si nous insistons autant sur l'aspect méthode, c'est pour rappeler que la véracité des cartes doit être sans faille, afin que ceux qui les utilisent soient sur un pied d'égalité face aux perceptions des détenteurs de connaissances de terrain avec lesquels ils doivent négocier. Mais c'est aussi pour

marquer la réserve que l'on devrait toujours adopter vis à vis de documents fussent-ils officiels, récents ou publiés dans de prestigieuses revues scientifiques.

Discussion sur les résultats

Le résultat scientifique principal est la mise en évidence d'un contraste de dynamique au 20^{ème} siècle sur un même massif forestier, entre les Hautes Terres betsileo (faible déforestation) et les basses-terres tanala (fortes déforestations), qui tend paradoxalement à se réduire voire s'inverser en fin de 20^{ème} siècle (stabilisation de la lisière Est, mitage et creusements de l'Ouest), nécessitant une compréhension des moteurs (chap. 5). La déforestation n'est donc ni un processus homogène à l'échelle régionale, ni stable, et donc difficile à prédire. Nos projections ne servent que d'outil d'alerte. La modélisation à l'aide des seuls taux moyens est insuffisante.

Hautes Terres

La faible étendue du couvert forestier des hautes Terres en 1875, et le maintien de structures forestières comme le couloir de Fianarantsoa jusqu'au 21^{ème} siècle, sous forte pression de population, renvoient le plus gros de la déforestation anthropique à des temps anciens et à de plus faibles emprises humaines sur le milieu. L'origine aurait été de multiples stress (changements climatiques, invasions biologiques, pratiques agro-pastorales) agissant en synergie sur les aires les plus sensibles, car aucun individuellement n'aurait suffi (Burney, 1997). Les siècles récents seraient, sur les H.T., des périodes calmes en matière de déforestation. Comme le suggère le chapitre 3, un certain équilibre entre l'homme et la persistance de la forêt du couloir y aurait même été trouvé.

Il n'y a pas eu d'avancées probantes de la forêt du couloir vers l'Ouest entre 1903 et 2004, ce qui ne veut pas dire qu'il n'y ait pas eu des régénérations au sein de l'espace désigné comme forestier, ou qu'il n'y en aura pas dans certains milieux devenus favorables (plantations forestières, Randriambanona & Carrière, chapitre 12). Seule la transformation de fourrés en forêt à lalatsara pourrait, en hypothèse, avoir été favorisée par l'aménagement forestier très ancien du plateau herbeux de lalatsara (eucalyptus plantés en 1927). Les feux peuvent traverser les eucalyptus mais ne prennent pas d'ampleur. Dans cette gamme d'idée, il conviendrait d'évaluer les impacts directs ou indirects de l'aménagement forestier en eucalyptus ou pin en bordure du couloir, afin de préciser ce que la forêt naturelle a gagné ou perdu de cet aménagement (transmission ou non des feux, dissémination d'espèces exotiques envahissantes, déplacement des riverains en forêt naturelle...).

La description d'un faible recul de la lisière ouest, au 20^{ème} siècle, qui tend à minimiser la déforestation côté betsileo, a été évoquée dans d'autres recherches, et en d'autres lieux (Coulaud, 1973 ; Green & Sussman, 1990 ; Ramamonjisoa, 1995 cité par Kull, 2004 ; Moreau, 2002). Cependant il est permis d'avancer des nuances à ce constat, voire de ne pas le partager.

En premier lieu, le terme "lisière ouest" est trop ambigu. La frange forestière ouest, profondément remaniée et fragmentée ne dessine pas une lisière de forêt continue. Parle-t-on d'une limite des milieux ligneux, d'une limite des savanes, ou d'un ensemble d'espaces où le couvert boisé naturel est dominant, définissant une "pseudo-lisière" ? A partir de cette dernière définition il a été constaté ici un recul de 1 à 8 km suivant les lieux, en un siècle. De plus des mitages et fragmentations de type linéaires existent aussi, au sein de la bande ouest le long des bas-fonds, thalwegs, et crêtes brûlées. Mitée, dentelée, parfois rongée, cette bande pourrait ainsi bientôt se fragmenter. En second lieu, en comparaison de quoi ce recul est-il jugé modéré ? Vis à vis de la faible largeur de la bande ouest (5 à 10 km), ce recul est en réalité très important. La bande est, qui représente les forêts les moins perturbées (Carrière *et al.*, chapitre 3) est désormais entamée (Vinanitelo, Ampatsy). L'étude des moteurs de la déforestation, en mettant en lumière les dynamiques actuelles, aggravera ou non le pronostic.

Versant Est

A l'Est du couloir, la déforestation rapide des " basses terres " qui étaient restées forestières en début de 20^{ème} siècle a été aussi observée par Coulaud (1973) en région Zafimaniry, au Nord de la région d'étude. Au Sud en revanche (Ikongo), la conversion forestière en milieux herbacés et arbustifs avait eu lieu avant le 20^{ème} siècle (Besson, 1893 ; Beaujard, 1973). Paradoxalement les limites est du couloir (zone des forêts continues) ont peu changé depuis le début du 20^{ème} siècle et ont seulement fini par s'aligner sur la cote 800m. Nous avons déjà abordé les causes anthropo-climatiques de cette conservation de la bande est dans le second chapitre. Ceci induit le paradoxe suivant : la forêt du couloir, qui est une forêt de moyenne altitude, est moins menacée en zone de tavy extensif tanala qu'en zone de riziculture intensive betsileo. Les zones tanala à surveiller, près des voies de communication, sont en fait des villages betsileo de migrants, cultivant la banane à plus de 800 m d'altitude (Andrambovato, Ranomafana). Les reliques de forêts de basse altitude (hors corridor, ou liées au corridor sud) sont en revanche très menacées par le tavy tanala. Le principal danger de rupture du corridor, viendrait donc de l'Ouest. Finalement les taux annuels moyens de déforestation (-0,2 à -0,8% pour la bande Est du corridor, -1,4 à -1,7% pour la basse altitude) ont été moindres que selon Green et Sussman (1990) : -1,7% sur la totalité des forêts de l'Est), mais compatibles avec les observations du programme PAGE cité par Dufils (2003). Les résultats de C.I. (2002) donnent -1,2%, pour les forêts de la province de Fianarantsoa entre 1993 et 2000, ce qui pourrait être surestimé, sachant que l'essentiel des forêts restantes est de moyenne altitude (voir plus haut notre objection méthodologique sur leur analyse multirate). Cette déforestation " moindre que prévu " ne doit cependant tromper personne : les forêts de basse altitude sont bel et bien en voie de disparition pure et simple, et les forêts du corridor auraient droit à un simple sursis.

Importance pour la conservation

En matière d'action, cette variabilité des dynamiques dans l'espace et dans le temps exige un *monitoring* précis et une approche locale. Il faut aussi abandonner certaines idées reçues, qui marquent encore les esprits dans le monde de la conservation mais aussi de la recherche. Ces évolutions locales de la forêt du couloir, bien que préoccupantes vis à vis d'un risque de rupture, n'ont rien de commun avec un phénomène de déforestation en front pionnier, tel qu'il a été décrit à Madagascar en forêt des Mikea par exemple (Razanaka *et al.*, 2001), et ont peu à voir avec le tavy qui concerne avant tout les Basses-Terres.

Il s'agit d'une expansion des espaces agricoles (bananiers, exploitations betsileo) au sein du massif forestier mais pour l'instant dans des limites précises (à l'Est, la cote 800 m en général, 1000 m près des voies de communication ; à l'Ouest dans les zones riches en bas-fonds et sur certaines pentes les plus fertiles), et dans des secteurs privilégiés (Vinanitelo, Ampatsy, Amindrabe, Ranomena).

La dynamique régionale de déforestation apparaît ainsi épargner la bande est du corridor au dessus de 800 m (sauf près des voies de communication), et se concentrer à l'Ouest en des points où il conviendrait d'agir prioritairement si l'on veut éviter une rupture du corridor. Mais à Madagascar, il semble que, contrairement aux recommandations de Myers *et al.* (*op. cit.*) pour l'échelle mondiale, un niveau de menace élevé n'est pas toujours le principal critère de priorisation des actions de protection. Pendant la décennie 1990, pendant laquelle l'écosystème de forêt sèche des Mikea disparaissait dans une indifférence relative (Razanaka *et al.*, 2001), la forêt humide de montagne de Ranomafana, beaucoup moins menacée à court terme, devenait un parc national afin d'y protéger une espèce rare de lémurien découverte seulement en 1987 (Mittermeier *et al.*, 2006). Combien d'espèces encore inconnues et de ressources forestières ont-elles été perdues en forêt des Mikea ?

Chapitre 5

Dynamiques rurales betsileo à l'origine de la déforestation actuelle

Serpantié G. & Toillier A.

Résumé : La dynamique de déforestation dans le Nord du corridor de Fianarantsoa concerne surtout les espaces habités par la population betsileo, à l'Ouest, ainsi qu'à l'Est près des voies de communication. Au 20^{ème} siècle, jusqu'à l'époque actuelle, ont eu lieu des conversions massives de la forêt en certains points de la frange betsileo, réduisant ou fragmentant fortement le couvert forestier et le convertissant en un couvert arbustif ou herbacé. Cette dynamique renvoie d'une part à un peuplement se développant progressivement dans la bande ouest (chantiers coloniaux en première partie du 20^{ème} siècle, mise en valeur des bas-fonds et des bas de pente en deuxième moitié) d'autre part aux impacts des feux (pastoraux, accidentels, notamment transmis par les plantations de pins en lisière). Pour expliquer cette mise en valeur agricole croissante, la dynamique démographique régionale a été d'abord abordée pour évaluer la croissance et la mobilité inter et intrarégionale. Ensuite les rapports au sein du pays betsileo entre évolution de la pression de population sédentaire sur les terres recherchées (bas-fonds rizicoles et bas de pente), dynamique régionale d'aménagement des bas-fonds en rizières, et évolution du couvert boisé, ont été examinés. La mobilité interrégionale s'amointrissant avec le temps, la dynamique du peuplement au sein de la région a eu un rapport étroit avec la disponibilité en bas-fonds de qualité recherchée en savane (effets d'attraction). La mise en valeur récente des bas-fonds et bas de pente du corridor répondait elle même à la saturation des bas-fonds en savane des zones attractives, soit du fait de la population (cas général) à partir du seuil de 10 habitants/ha de bas-fond, soit du fait d'une répartition inégalitaire de l'accès aux bas-fonds entre hameaux. C'est le cas de la commune d'Androy où certains hameaux ayant hérité de peu de bas-fonds en savane s'étaient spécialisés dans les activités forestières et la mise en valeur de bas-fonds en forêt. Un tel processus complexe montre la possibilité d'une modélisation mettant en jeu, en lisière betsileo, dynamiques de population et déforestation par le biais de la recherche de bas-fonds exploitables.

Mots clé : Dynamiques rurales, déforestation, population, pression démographique, corridor, rizières, Betsileo

Introduction

La " déforestation " ou diminution massive du couvert forestier, se définit aussi par son caractère peu réversible. Afin de pouvoir maîtriser un processus qui menace la biodiversité en zone tropicale ainsi que de nombreux services écologiques, il faudrait en connaître les causes directes et les moteurs sous-jacents. Selon le PNUE (2002), les causes directes les plus fréquentes sont les activités d'aménagement et d'exploitation : feux et coupes servant aux activités productives paysannes (chasse, élevage, culture sur brûlis), et industrielles (exploitation forestière, conversions en plantations mono-spécifiques et en pâturages).

A l'Est de Madagascar, depuis Humbert (1927) jusqu'à Green et Sussman (1990), le *tavy*, aménagement par défriche-brûlis pour des cultures vivrières, a été la cause la plus évoquée, au point que déforestation et *tavy* deviennent parfois synonymes dans les arguments des promoteurs de la conservation. Ce faisant, les politiques mise en œuvre pour maîtriser la déforestation ont longtemps cherché à interdire le *tavy* ou à imposer des alternatives (Bertrand et Randrianarivo, 2003). Or une action de défriche-brûlis ne suffit pas à expliquer le caractère définitif de la perte du couvert forestier. Des phénomènes naturels sont d'abord en cause. Bourgeat (1972), Rossi et Donque (1978), ont évoqué un déséquilibre bioclimatique des formations primaires et insisté sur le caractère peu compétitif des espèces endémiques vis à vis d'espèces introduites au caractère envahissant. Les études

récentes réalisées dans les forêts sèches du Sud-Ouest (Razanaka *et al.*, 2001), dans les forêts de moyenne altitude (Randriamalala, 2005) et dans les forêts humides de l'Est (Pfund, 2000) ont aussi révélé que la régénération serait possible si la perturbation initiale n'était pas suivie d'autres perturbations (autres défriches, feux d'aménagement, pâturage, longue durée de culture, plantation). Ce serait donc surtout la fréquence des perturbations, leur étendue, leur intensité, et les dynamiques écologiques liées qu'il faudrait identifier pour cerner les causes directes de la déforestation.

L'intensité de déforestation est variable dans le temps et l'espace (cf. chapitre 4), soulignant que les causes directes et locales sont activées par des moteurs complexes agissant à d'autres échelles (Sorg, 2004). Dans le cas du Sud-Ouest malgache, la demande urbaine en charbon de bois, celle du marché international en maïs, des migrations liées à des crises de subsistance, et un certain laisser-faire des autorités forestières ont décuplé l'intensité " basale " de déforestation (Razanaka *et al.*, *op.cit.* ; Casse *et al.*, 2004). Un certain type de milieu (forêts sèches) a été visé pour la production de maïs et la création de pâturages, un autre (fourré) pour le charbon de bois. Ces facteurs indirects, dynamiques rurales, modes de gestion inadéquats des forêts naturelles, désenclavement, croissance du secteur primaire, agissent sur l'intensité de la déforestation.

En matière de dynamiques rurales, la littérature présente la pression démographique croissante comme un des moteurs principaux de la déforestation des tropiques humides (Happold, 1995 ; PNUE, 2002), mais d'autres approches soutiennent un point de vue différent (Tabutin et Thilges, 1992 ; Mathieu, 1998). Il existe à Madagascar des liens évidents entre forte population et absence de forêt. Selon la carte de densités de l'Atlas de Madagascar (1960), comparé et la carte de Humbert et Cours Darne (1965), là où la population rurale est dense, il est exceptionnel d'y trouver des forêts naturelles (sauf forêts sacrées, forêts de sources...). Au contraire, les zones forestières sont peu peuplées. Ce lien régional entre population et forêt n'est cependant pas automatique. Il existe aussi des zones peu peuplées non forestières, bien que le climat y soit par ailleurs propice à la forêt qui subsiste par endroits. Là où la population se concentre (côtes, climat des Hautes Terres centrales), une certaine " reconstruction " forestière s'y produit parfois, à base d'arbres exotiques à bois (pins, eucalyptus, Rakoto-Ramiantsoa, 1995), à épices ou à fruits (Locatelli *et al.*, 2004). Des agroforêts à base de fruitiers formant plusieurs strates végétales existent aussi sur des zones côtières très peuplées (Ile Sainte Marie, Fénériver). Le rapport inverse population-forêts naturelles existe donc mais n'est pas forcément causal : la forêt a pu se maintenir sur des sites propices mais évités par ailleurs par les populations, y compris les populations qualifiées de forestières (Tanala, Betsimisakara) (cf. chaps.1,2,3).

Sachant qu'à Madagascar, les terres inexploitées restent abondantes et les migrations a priori toujours possibles, les causes principales de la déforestation du corridor de Fianarantsoa sont-elles d'origine démographique ? L'attrait pour la forêt se serait-il développé ? Pour comprendre un phénomène régional a priori complexe, des investigations sur les pratiques et les dynamiques rurales à différentes échelles de temps et d'espace sont nécessaires.

Objectifs et hypothèses

Le chapitre 2 a montré que le lien entre objectifs de production des ménages, les pratiques (*tavy*, feux d'entretien de pâturages) et les facteurs climatiques locaux expliquent la persistance d'un couvert forestier. Les objectifs de production et le référentiel technique suggèrent ou imposent des pratiques, le climat est plus ou moins favorable à ces pratiques, qui sont plus ou moins favorables à la forêt. Il a été aussi montré que le *tavy* récurrent, à l'origine de la déforestation des Basses Terres, ne concerne que marginalement le corridor Nord au dessus de 800 m, alors que ce dernier se définit essentiellement par cette limite d'altitude. La principale dynamique de déforestation actuelle concerne la frange ouest betsileo et la bande ouest du couloir. C'est cette dynamique qu'il s'agit d'expliquer.

L'observation d'implantations de ménages provenant de villages bestileo de la lisière, autour des bas-fonds en forêt laisse entrevoir une explication possible. A l'instar du maïs commercial en forêt des Mikea qui finance et justifie une partie des activités de défriche (Razanaka *et al.*, 2001), la culture du riz irrigué serait au cœur du processus (Blanc-Pamard et Ralaivita, 2004). On sait effectivement l'importance persistante du riz de bas-fonds pour les paysans betsileo, fût-ce la seconde production en volume²⁰ (Dubois, 1938 ; Le Bourdieu, 1974 ; Radanielina, 2004). Mais le fait que les paysans recherchent des bas-fonds pour produire du riz n'expliquerait l'invasion du milieu forestier, enclavé et peu salubre, que dans un contexte de bas-fonds limitants en zones non forestières. On parle d'un effet de la pression démographique (Rabetaliana *et al.*, 2003). Mais n'en a-t-on pas toujours parlé pour les Betsileo ? Déjà, Deschamps (1959, p112), décrivant la forte densité et les faibles ressources disponibles, parlait d'un point de saturation atteint en 1908, et d'une situation critique en 1959, suite à la saturation des zones où les Betsileo migraient, la migration servant de soupape. Dans ces conditions de surpopulation n'auraient-ils donc pas dû investir leur forêt dès le début du 20^{ème} siècle ? L'évolution régionale des rapports entre population sédentaire, ressources, et modes d'accès aux ressources devrait mieux éclairer ce processus d'invasion récent du corridor de Fianarantsoa. Notre hypothèse portera sur des besoins insatisfaits en terres à riz de la population rurale des lisières, en expansion, et qui rencontre des difficultés à migrer.

Démarche et méthode

Les dynamiques rurales ont été abordées à travers la dynamique démographique et celles de l'utilisation des terres pour la production, notamment des terres les plus recherchées en pays betsileo, les bas-fonds. Plusieurs niveaux ont été pris en compte afin d'éclairer d'éventuels facteurs d'échelle. D'abord, nous avons étudié la dynamique démographique intrarégionale à un niveau grossier (*fivondronana* ou sous-préfecture) afin de comprendre les dynamiques de population et les migrations au 20^{ème} siècle. Un niveau plus fin (communal) nous a permis de faire le lien entre population, ressources potentielles, ressources aménagées à différentes époques et modes d'accès aux ressources. Les données utilisées par commune sont les surfaces aménagées en rizières et les recensements de population. La dynamique d'aménagement des bas-fonds entre trois dates (1933, 1956, 2004) a été obtenue à partir de la représentation cartographique des rizières et bas-fonds non aménagés : feuille O53 au 1/100000 et 1/50000 du FTM (1933 et 1974) et d'une image satellite SPOT5 (2004) dont le mode de traitement est expliqué au chapitre 4. Elles ont été validées par observations et enquêtes rétrospectives, ainsi que sur photos aériennes 1956. Ces cartes de bas-fonds ont été traitées et superposées à l'aide d'un SIG conçu sous MAPINFO © (Figure carnet central 21).

Les recensements ont permis de calculer, à partir des cartes des unités administratives correspondantes (sous-préfectures et communes), et pour différentes dates (1908 ; 1936 ; 1956 ; 1975 ; 1993), les densités de population²¹, ainsi qu'un indicateur de pression sur les bas-fonds : le nombre d'habitants par hectare de bas-fond. En revanche la densité actuelle de population dans les zones forestières de chaque commune reste mal connue, faute de recensements *ad hoc*, ou alors de cartographie des hameaux.

²⁰ Le manioc est en tête des productions vivrières en tonnage (3 fois la production de riz paddy) dans la province de Fianarantsoa (Radanielina, 2004)

²¹ Les données de chaque date sont ramenées à des unités spatiales identiques correspondant aux communes 1962. Pour ce faire, les anciennes données de population (cantons, districts) sont corrigées en fonction du nombre de hameaux des unités spatiales décomptés sur les cartes 1933 et 1956. Pour les communes dont le territoire se répartit entre forêt et savane, la densité de population de savane est corrigée en fonction d'hypothèses sur la population forestière avec l'aide du comptage de hameaux en forêt sur cartes 1933 et 1956. La population 2004 a été estimée par projection en appliquant le taux de croissance moyen 1975-1993 à la population 1993

Résultats

Les phénomènes moyens de population seront envisagés à l'échelle fivondrona (sous-préfecture), et les relations " population-ressources " à l'échelle commune.

Echelle régionale

Etat ancien

Deschamps (1959) présente les Betsileo comme un peuple riziculteur venu de la côte est, vers le 15^{ème} siècle, sous la conduite de chefs apparentés aux Antemoro. Ils auraient repoussé vers l'Ouest ou assimilé le peuple peu nombreux qui les précédait sur les Hautes Terres du Sud, les Vazimba, eux mêmes ayant remplacé la couche primitive de peuplement. Le premier royaume a été le Lalangina, dont la capitale était au Sud-Est de Fianarantsoa (Mitongoa), allongé le long de la forêt actuelle. Au départ nomades, éleveurs et cultivateurs temporaires, les clans betsileo se sont enracinés avec l'aménagement des bas-fonds et des pentes. La constitution de quatre royaumes en pays Betsileo depuis le 16^{ème} siècle a provoqué une certaine concentration de populations dans des régions par ailleurs favorables au peuplement. La route et les grandes vallées de la Matsiatra et de la Mananpatanana ont contribué à peupler l'axe Ambositra-Fianarantsoa-Ambalavao. Il s'est produit en revanche des zones de faible peuplement entre les royaumes, notamment dans des zones naturelles moins attractives ou écartées des lieux de passage. Le corridor fait ainsi frontière entre le Lalangina, les royaumes côtiers, et le petit royaume tanala d'Ikongo. La région forestière tanala d'Ifanadiana-Ambohimanga Atsimo était en cours de peuplement et sans organisation politique centralisée.

20^{ème} siècle

Le calcul des taux de croissance des populations régionales par période, et leur comparaison avec la croissance moyenne malgache (Figure 10), permettent de visualiser les grands mouvements régionaux de population de la première moitié du 20^{ème} siècle, que Deschamps (1959) a renseigné qualitativement et quantitativement. Des migrations forcées avaient eu lieu avant la colonisation française (recrutements de soldats et d'esclaves notamment par les Merina). Les migrations individuelles ont débuté dès 1897 avec la colonisation française (Deschamps, 1959).

Sachant que la région betsileo n'avait pas saturé, loin de là, son potentiel rizicole au début du siècle (voir plus loin), que Fianarantsoa était en pleine croissance, les motivations des travailleurs à migrer dans des régions lointaines avant 1956 n'étaient pas la surpopulation, contrairement à l'analyse de Deschamps. Longtemps les Betsileo ont été soumis à la corvée pour les Merina, les empêchant de développer leur propre économie agricole. Le système de réquisitions et d'impôts mis en place par les Français (notamment la construction du chemin de fer) favorisait les migrations vers les côtes où la pression était moindre et des travailleurs sollicités. Les politiques coloniales de mise en valeur et d'aménagement du territoire et leurs diverses formes d'incitation sont la cause première de ces premiers déplacements de populations, les Betsileo étant appréciés pour leur grand savoir-faire agricole et leur dureté à la tâche. Les Betsileo du Sud (Fianarantsoa, Ambalavao) ont essentiellement migré vers l'Ouest (Marovoay, Moyen-Ouest, Betsiboka) et vers les plaines côtières (Mananjary et Farafangana) pour l'aménagement de nouvelles rizières et d'autres travaux. Ces migrations betsileo à distance auraient ralenti ensuite, non seulement à cause de concurrence sur les lieux de migrations, mais grâce à une prospérité nouvelle, peut-être due à la nouvelle voie ferrée, qui facilitait les échanges (Deschamps, 1959), ainsi qu'à la croissance de l'économie caféière régionale.

Après 1956, l'excellente coïncidence entre croissances des différentes zones rurales et urbaines betsileo avec la croissance moyenne de Madagascar (excepté pour Ambositra) suggère que les migrations intra-régionales et inter-régionales, si elles se poursuivent, se sont fortement réduites.

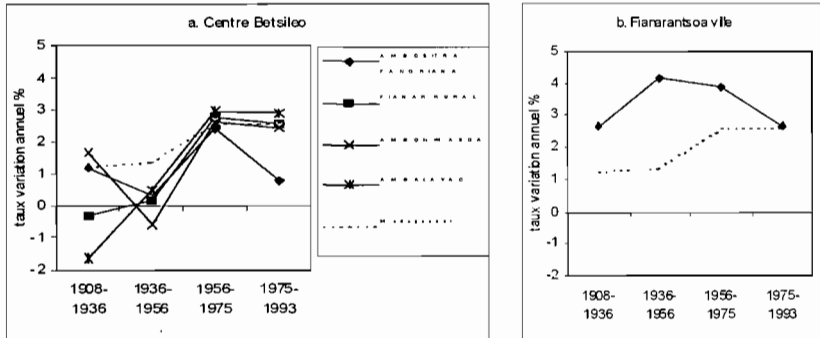


Figure 10. Taux de variation démographique moyen (hypothèse taux constant)

Une analyse de la migration est menée à chaque recensement. En 1993, le solde migratoire interprovincial " durée de vie " est de -143000 soit -6% de la population de la province de Fianarantsoa dont la moitié à destination de la capitale (INSTAT, 1997). En 1975 il était de -100000 (6%). En 1908 il était de 14% pour les seuls Betsileo (Grandidier, cité par Deschamps, 1959). Les migrations ont donc persisté mais à bien moindre intensité qu'au début du siècle.

Le solde migratoire intra-régional est faible mais négatif pour tous les *fivondronana* betsileo au profit du Pays bara, du Moyen Ouest, du Pays tanala. Le solde de la ville de Fianarantsoa est nul en 1993. Le solde déficitaire maximum est enregistré à Ambositra-Fandriana (-5%), au profit du moyen Ouest proche (+14% à Ambatofinandrahana), ce que les courbes de croissance suggèrent aussi.

Dans le *fivondronana* " Fianarantsoa rural ", le solde est seulement de -2% de la population en 1993. En contexte de migration ralentie, la population ne dépend que des ressources de son territoire. Les fortes croissances Betsileo de la seconde partie du 20^{ème} siècle et la réduction des migrations impliquent des besoins locaux croissants en riz et donc en nouvelles terres à riz ou un accroissement de rendement. Sur ce plan, le système rizicole betsileo présente effectivement différents niveaux d'intensification, selon l'accès à la terre, à la fumure, au travail, à la maîtrise d'eau (chapitre 19). Mais deux exploitations sur trois n'ont pas de bétail (chapitre 11). La maîtrise d'eau est partielle, voire mauvaise sur les grands bas-fonds difficiles à drainer. Les conditions économiques limitent fortement l'accès aux intrants et aux systèmes techniques recommandés par les services agricoles (chapitre 20). Dans ce contexte, les marges de productivité sont faibles à l'échelle des territoires, à partir d'un certain seuil de pression sur la terre. Nous devons donc examiner la disponibilité de terres et leur accessibilité au sein des différentes communes du *fivondronana* " Fianarantsoa rural ".

Echelle commune

A cette échelle fine, ce sont les rapports population/ressource/modes d'accès aux ressources qui nous renseignent sur les véritables " moteurs " de la déforestation.

Etat ancien

Anciennement, le pays betsileo n'était pas surpeuplé et n'a jamais manqué de terres. Au contraire, de larges zones aménageables étaient dédiées à un élevage extensif au début du 20^{ème} siècle. En 1933, les zones aménagées en rizières et peuplées étaient localisées en savane autour des divers centres du pays Betsileo : région de Fianarantsoa, Alakamisy Ambohimaha, Alakamisy-Itenina, Fanjakana. Entre ces concentrations paysannes, existaient des intervalles peu peuplés et ou peu aménagés (10% d'utilisation des bas-fonds) en particulier en lisière du couloir (Figure carnet central 21 et Figure 11).

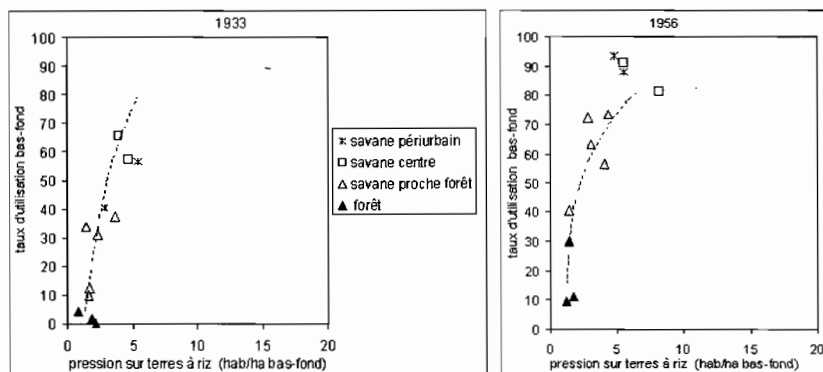


Figure 11. Taux d'utilisation des bas-fonds et pression sur les terres à riz (1 point= 1 commune)

Ces forêts, savanes et bas-fonds en marge des zones agricoles denses étaient dévolues à l'élevage extensif et à des activités artisanales (forgerons), selon la tradition orale dans les villages de lisière visités (ainsi que d'après Schoomaker-Freudenberger, 1998). A cette faible pression sur la terre en forêt et en savane de lisière, s'ajoutaient les faits suivants : les bas-fonds de forêt étaient difficiles à cultiver et aménager (tourbeux), et des activités complémentaires, traditionnelles (élevage, forgerons, travail du bois) ou coloniales (or, bois précieux) limitaient le temps dédié à la riziculture au profit de cultures vivrières pluviales. On était hors contexte agricole normal. Ainsi, à pression égale, le taux d'utilisation des bas-fonds et la surface en rizière par habitant était moindre en forêt qu'en savane (Figure 11a). Un lien étroit s'observe déjà entre le taux d'aménagement des bas-fonds en rizières et la pression sur les terres à riz (Figure 11a), mais la saturation des bas-fonds n'est jamais atteinte.

Entre 1933 et 1954

Le taux d'utilisation des bas-fonds a fortement progressé en 20 ans seulement. Le même lien entre taux d'utilisation des bas-fonds et pression s'observe. Pour certaines communes de savane du Centre Betsileo et les communes périurbaines, la saturation est proche (Figure 11b).

A pression égale, il existe encore un effet site : les populations forestières cultivent moins leurs bas-fonds que les paysans des savanes riveraines de la forêt. Cette tendance à la saturation ralentit après le seuil de 50% d'utilisation vers 5 hab./ha car les derniers bas-fonds disponibles (plaines d'inondation, tourbières) sont les plus coûteux à aménager, exigeant souvent plus de coopération sociale ou la participation de l'Etat.

Trois phénomènes concomitants expliquent l'accroissement rapide du taux de saturation de l'espace de bas-fonds en 20 ans dans toutes les situations: un phénomène d'équilibrage des populations du centre vers des terres neuves à fort potentiel, une croissance des populations forestières, et un phénomène d'extensification généralisé. Etudions ces divers processus.

La croissance démographique très rapide entre 1936 et 1975 des marges du pays Betsileo les moins aménagées (Figure 12, Figure 16), bien au-dessus du croît betsileo moyen, peut être mise en rapport avec la relative saturation des bas-fonds périurbains et du centre Betsileo des années 1950 (Figure 11b), et avec la grande disponibilité de terres de bas-fonds autrefois pastorales (Figure 12). Une relation positive significative existe entre taille des espaces à aménager et croissance de la population. Là où des terres étaient libres, une croissance démographique massive s'est produite, qui peut s'expliquer à la fois par des migrations internes depuis le centre du pays, mais aussi par des stratégies démographiques des ménages de type " terres neuves ", favorable à la croissance.

²² Un migrant " durée de vie " est une personne né dans un endroit, qui réside dans un autre à la date du recensement.

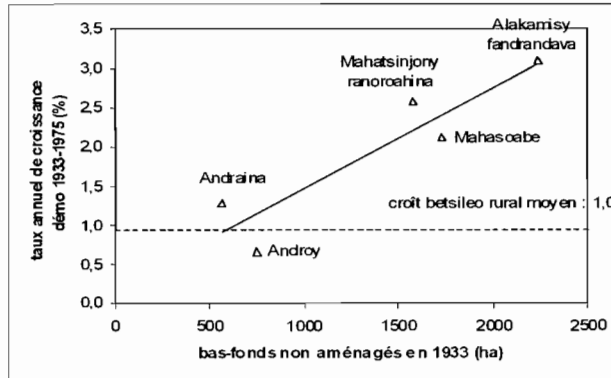


Figure 12. Relation entre bas-fonds non aménagés en 1933 et taux de croissance de la population entre 1936 et 1975 (communes riveraines de la forêt)

Au contraire, la dynamique démographique de la commune d'Androy est proche de la moyenne betsileo (Figure 12). Son taux déjà élevé d'aménagement en 1933 (37%) et la petitesse de l'espace restant à aménager à cette date (750 ha) n'ont pas été attractifs.

Entre 1933 et 1954, les marges orientales du pays betsileo, pastorales, sont donc apparues comme des marges d'expansion pour les paysans du Centre Betsileo confrontés à la saturation de l'accès aux bas-fonds, même sans. Entre 1933 et 1954, alors que les riverains des forêts n'ont pas encore totalement aménagé leurs bas-fonds en savane, les populations forestières en croissance aménagent les bas-fonds autour des anciens noyaux de peuplement liés aux chantiers coloniaux (Figure carnet central 21).

La rapide saturation des bas-fonds en lisière, tient aux stratégies foncières et productives qui accompagnent le remplissage progressif de l'espace. On peut reconnaître ces stratégies en croisant surface en rizière par habitant et taux d'utilisation des bas-fonds (Figure 13a). Lorsqu'ils sont très peu utilisés, la surface de rizière par habitant est faible (0-10 ares/hab.) en raison des autres activités qui prédominent en région " non agricole " : élevage, activités forestières et coloniales, qui exigent du temps. Les vivres sont plutôt produits par des pratiques à haute productivité du temps de travail (*tavy* de maïs notamment, tubercules) plutôt que sur des rizières.

En région agricole sur les Hautes Terres (pays merina), le seuil d'équilibre production de riz-besoins est fixé à 11 ares/habitant (Scet-coopération, 1966, cité par Rakoto-Ramiantsoa, 1995). On peut considérer ce seuil valide pour le pays betsileo, arrondi à 10 ares/habitant (10 ares produisent environ 2 qx de paddy) puisque nos données issues de la cartographie au 1/100000 n'ont elles-mêmes qu'une précision moyenne.

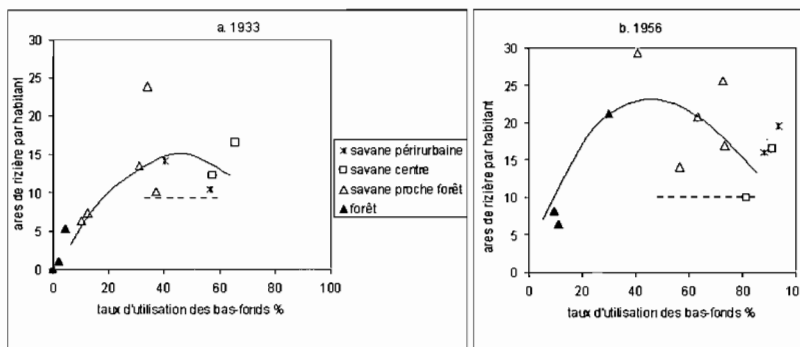


Figure 13. Relation du taux d'utilisation des bas-fonds avec " l'extensivité " de la riziculture

Alors que le taux d'utilisation des bas-fonds s'accroît en contexte agricole, la surface de rizière par habitant passe par ce seuil d'équilibre puis augmente ensuite jusqu'à 15 à 30 ares/hab. Ceci s'explique par des stratégies d'accaparement familial pour une ressource vitale et dont l'épuisement est proche, accompagnées de pratiques culturelles extensives. Il existe des différences entre communes, certaines s'éloignant peu du seuil d'équilibre.

La courbe 1956 (Figure 13b), plus bombée que celle de 1933 s'explique par les conditions optimales de cette période : demande régionale croissante en riz, tant pour la ville de Fianarantsoa dont la croissance est très soutenue (4%), que pour les zones spécialisées en café telles que le pays tanala, et par la monétarisation croissante de l'économie rurale pendant cette période, sous l'impulsion des cultures de rente en pays tanala, le riz servant en pays betsileo de culture commerciale.

En 1956, dans les communes qui s'approchent de la saturation de leurs ressources en bas-fonds, il est de plus en plus difficile d'aménager les bas-fonds restants (les plus inondables), et la surface moyenne de rizière par habitant diminue alors. Le minimum apparaît toujours proche de 10 ares/hab. ce qui confirmerait le rôle de seuil de cette valeur en dessous duquel les objectifs ne sont pas satisfaits en contexte agricole. Dans ces cas limite, il existe cependant des inégalités d'accès aux bas-fonds entre paysans ou même entre villages. Pour les moins dotés en rizières, les pratiques sont nécessairement plus intensives ou les paysans recherchent des substituts à la production de riz (travail salarié, culture de manioc...).

Après 1956

Entre 1956 et 2004, la pression s'est fortement accrue, devenant extrême dans les communes du centre, jusqu'à 20 hab./ha de bas-fond et moins de 5 ares de rizière/hab. (Figure 14a).

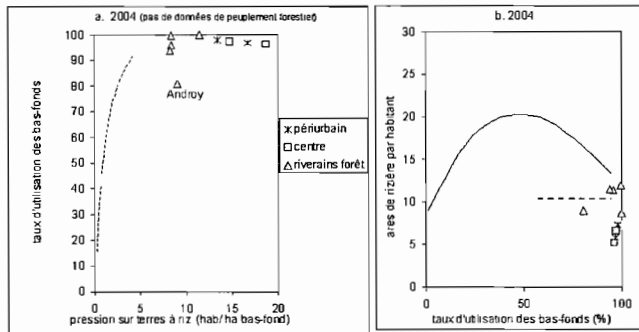


Figure 14. Taux d'utilisation des bas-fonds et pression sur les terres à riz en 2004 (1 point = 1 commune)

La saturation progressive des bas-fonds de lisière et l'accroissement de la pression en lisière résultant de la phase précédente de migrations internes ont poussé les paysans à mettre en valeur les bas-fonds forestiers disponibles (Figure 14b, Figure carnet central 21). Le statut forestier réglementé des forêts du corridor n'a pas été un obstacle dans la mesure où la mise en valeur des bas-fonds marécageux n'implique pas de défriche si ce n'est en bordure (effets d'ombrages préjudiciables au rendement). La défriche des bordures est donc tolérée, mais la distance de tolérance est souvent dépassée. Ce sont les zones les plus riches en bas-fonds (Ampatsy, Vinanitelo, Mahasoabe) qui ont été investies en premier (Figure carnet central 21), au voisinage des zones où les populations avaient fortement cru pendant la période antérieure, du fait, rappelons le, de la présence de grands bas-fonds en savane. La surface aménagée se maintient cependant autour de l'objectif d'équilibre de 10 ares/hab. dans la mesure où l'excédent part désormais en forêt ou ailleurs (Figure 14b). La possibilité de s'installer dans des bas-fonds en forêt apparaît donc bien comme un facteur de réduction de la pression sur la terre en savane. Cette possibilité n'existe plus dans les terroirs du centre, de l'ouest et péri-urbains. Les populations y

ont tendance à modifier leur système d'activités et à s'orienter vers une économie péri-urbaine avec valorisation des *tanety* (ou terres de pente) : plantations d'ananas, fruitiers, élevage laitier, manioc de vente, charbon d'eucalyptus, maraîchage, etc).

En 2004, seule la commune d'Androy n'a pas saturé son potentiel de bas-fonds, ni en forêt ni en savane. Elle a été épargnée par sa faible croissance démographique liée à l'absence de grandes réserves de bas-fonds en savane (Figure 15). Cependant en savane d'Androy, existent encore quelques marécages non aménagés mais bloqués par des propriétaires urbains qui sembleraient préférer spéculer sur la hausse du prix de la terre plutôt que d'aménager pour louer ou exploiter. Dans cette commune, plus que la croissance démographique qui n'a pas atteint de seuil fatidique, les inégalités d'accès aux terres de bas-fonds entre hameaux expliqueraient le report des habitants des hameaux défavorisés vers les bas-fonds en forêt, en plus de la culture temporaire sur les terres assez fertiles du "raccord" en lisière (chap. 1) et des activités forestières. C'est le cas de certains villages historiquement défavorisés dans le partage des bas-fonds en savane (Ambendrana, lambara 2, Figure carnet central 21). Le mode d'appropriation des bas-fonds, inégalitaire, a donc précipité une stratégie de conquête de bas-fonds forestiers, alors que la population communale n'a pas encore atteint le seuil de taux d'utilisation des bas-fonds de savane qui a partout, ailleurs, déclenché la recherche de terres en forêt. Une grande partie de la déforestation a concerné surtout la lisière du corridor, sur le "raccord" séparant les deux unités géomorphologiques. Cette zone contient peu de grands bas-fonds et la population riveraine compensait le manque de riz par des activités forestières et artisanales de longue date. Dans le *fokontany* de lambara, le besoin de terres pour les cultures pluviales (haricot, maïs, patate), les échanges fonciers entre les Eaux et Forêts et les populations riveraines à l'époque des plantations de pin (octroi de "périmètres de culture"), et les feux de brousse propagés par les plantations de pins en limite du corridor sont d'ailleurs plus responsables de la déforestation massive du secteur de lisière que la recherche de bas-fonds. Celle-ci se portait loin dans l'intérieur de la bande forestière ouest, et est responsable d'un mitage de plus en plus dense de celle-ci.

A l'opposé du cas d'Androy, existent désormais des communes de lisière qui ont dépassé le seuil d'équilibre entre population et ressource (Figure 14a). Les bas-fonds en forêt d'Alakamisy-Fandrindrava n'ont pas suffi à apaiser la demande de terres, puisque leur saturation est atteinte alors que la pression sur les terres à riz dans la savane riveraine continue de croître au delà de 11 hab/ha (Figure 14b, 15b). On se trouverait donc ici dans un rapport population/ressources des plus tendu.

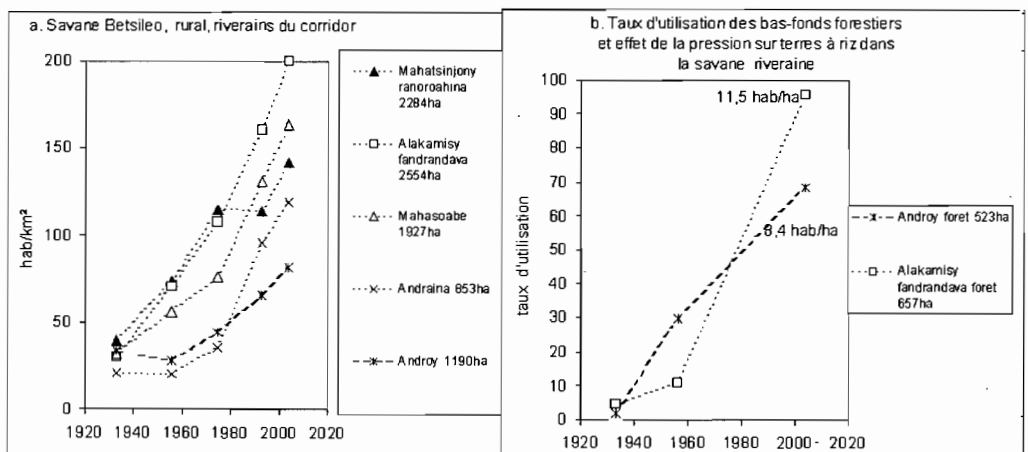


Figure 15. Croissance démographique dans les communes riveraines et impact sur le taux d'utilisation des bas-fonds

Evolutions actuelles et à venir

En lisière, la reconquête des terres des reboisements de pin (culture de maïs et manioc), et la redistribution sur le marché foncier des bas-fonds récemment accaparés constituent une " soupe " qui réduit certainement la pression sur les derniers bas-fonds non appropriés.

Subsistent dans la commune d'Androy en 2004 des marécages difficiles à aménager, notamment situées en zone pastorale (Anjavidy), ainsi qu'en zones soumises à un contrôle efficace dans le parc national de Ranomafana, où cependant certains bas-fonds revendiqués et exploités clandestinement ont donné lieu en 2006 à des mesures répressives par les autorités (Marais d'Ampasina). Si ce n'est à Androy, privilégié, la plupart des bas-fonds disponibles dans la bande ouest du couloir forestier sont aujourd'hui aménagés.

Afin de subvenir aux autres activités du système de production betsileo (élevage et cultures pluviales), les forêts entourant les plus grandes rizières ont été converties en cultures et jachères arbustives, lesquelles deviennent herbeuses après quelques cycles culturels (Randriarimalala, 2005). La forêt continue est désormais nettement réduite aux zones ne possédant pas de bas-fonds, et on peut juger cette délimitation stable tant que la population ne change pas de système de culture.

Plus récemment, les politiques de conservation ont involontairement favorisé une course à la terre vers les bas-fonds encore disponibles, à la fois par besoin de compensation de pertes économiques et en vertu des jeux et stratégies foncières entre paysans et Etat (voir le chap. 21). Ce fut l'occasion pour les lignages et paysans déjà aisés d'agrandir encore leur domaine.

Dans les régions où de petits bas-fonds sont dispersés en forêt (Androy, Ampatsy), et où la demande de terre est forte (notamment en raison des actions récentes de conservation qui suppriment certaines activités économique forestières essentielles qui venaient en palliatif à la rareté de terre, ou suite aux effets de la course à la terre), un mitage progressif de la forêt le long des thalwegs s'observe, même en l'absence de vrais bas-fonds. Ce sont de jeunes ménages qui n'ont pas hérité de terres en savane ni sur les grands bas-fonds forestiers qui mettent en valeur une section de plus petits thalweg plus attractive (sols minéraux). Face aux conditions sanitaires précaires et la pression des ravageurs due à la proximité de la forêt, ils auront certainement tendance à se regrouper et à aménager d'avantage le milieu, notamment pour favoriser l'élevage. Cet aménagement pour l'instant dispersé pourrait conduire à une fragmentation de la totalité de la bande ouest.

Ils ne menacent cependant pas actuellement la bande est, où les conditions de vie sont encore plus dures et les bas-fonds rares.

Cependant l'adaptation progressive des occupants de la forêt dans la bande ouest les conduira certainement à rechercher d'autres productions ou d'autres techniques que l'aménagement des bas-fonds déjà saturés. Selon les niveaux atteints par la densité démographique des lisières (200 habitants/km à Alakamisy-Fandrindrava), la population forestière des zones correspondantes risque de ne plus se contenter d'aménager de simples thalwegs, mais de se tourner vers d'autres techniques rizicoles (variétés de riz pluvial adapté aux Hautes terres que le Fofifa vulgarise actuellement). Dans ce contexte de dynamiques rurales, ces variétés sont particulièrement dangereuses pour la forêt.

Discussion et conclusion

La déforestation préhistorique des Hautes Terres est un sujet polémique qui a fait couler beaucoup d'encre. Au contraire, peu de littérature analyse les processus actuels. Nous nous sommes intéressés à ces processus, qui semblent nouveaux et liés aux dynamiques agraires actuelles. Ils sont donc peu éclairants sur les anciens processus de déforestation.

En pays betsileo, la saturation des bas-fonds, liée à une démographie régionale très vigoureuse en deuxième partie du 20^{ème} siècle et à des migrations moins faciles vers les aires traditionnelles de "mise en valeur" (côtes, Moyen Ouest), est donc à l'origine de l'essentiel de la déforestation de la lisière Betsileo du corridor et de la bande ouest. La répartition variable des bas-fonds, liée à la géomorphologie (alvéoles de surface III), a joué un rôle important, d'abord en savane (croissance de populations riveraines), puis en forêt. Les feux propagés par les pins notamment ont joué un rôle complémentaire.

Mais il est des exceptions. Dans la commune d'Androy, les besoins moyens en terres à riz n'étaient pas assez criants pour justifier une invasion du corridor. Des facteurs sociaux (inégalités entre hameaux) ont accéléré la " faim de terre " de certaines populations.

Les petits bas-fonds au centre du corridor sont aujourd'hui surtout colonisés par les populations croissantes issues des anciens noyaux de peuplement et des villages en lisière de la forêt.

Ces évolutions sont préoccupantes si l'on part du principe qu'un mitage généralisé du corridor produit des noyaux de peuplement condamnés à s'étendre et s'anastomoser afin de survivre aux conditions hostiles, s'adapter à la croissance de la population, et créer des conditions favorables à l'agriculture et à l'élevage. La bande ouest, bien qu'encore continue, pourrait ainsi très rapidement se fragmenter de cette façon, ce qui est considéré comme néfaste pour la conservation de la biodiversité en espèces forestières notamment dans le contexte des forêts malgaches (Ganzhorn *et al.*, 2003).

A titre de rappel (cf. chap. 2), la bande de l'Est est encore peu menacée par les Betsileo, sauf en certains lieux, le long de voies de communication (route nationale, voie ferrée) où certains migrants betsileo qui se sont établis en altitude y cultivent des bananiers entre 700 et 1000 m. Ce ne sont pas des décisions humaines ou des faits sociaux qui ont le mieux protégé les forêts de la bande de l'Est mais des faits physiques et techniques : absence de bas-fonds, limite climatique du tavy pour les variétés de riz tanala, sols moins favorables en sommet de collines. Le parc de Ranomafana se situe précisément et presque entièrement dans la bande de l'Est en moyenne altitude, peu concernée ni par le feu, ni par le tavy, ni par la recherche de bas-fonds. En dehors de la zone bananière près de la route, (et donc du poste de garde du Parc) son impact en terme de conservation du couvert forestier serait dans ces conditions difficile à évaluer, car il n'est justement pas très menacé de déforestation, mais beaucoup plus par des phénomènes d'invasions végétales (cf. chap. 15). Tenter de préserver de la fragmentation les milieux les plus exposés (par exemple les forêts d'Ifanadiana, et des pans encore non mités de la forêt de la bande ouest) représenterait des expériences plus probantes, obligeant à trouver de réelles alternatives et à impliquer totalement les populations riveraines.

Les dynamiques rurales betsileo au 20^{ème} siècle se composent finalement de cinq phases, qui explicitent les transformations agraires à la source des problèmes environnementaux actuellement constatés. L'état initial au début du 20^{ème} siècle était caractérisé par une concentration de la population agricole en savane autour des villes et marchés, avec une surface en rizière par habitant modique, et de faibles densités sur les savanes pré-forestières. C'est l'héritage des royaumes betsileo et de l'administration merina, où l'importance de la corvée limitait le temps disponible pour la production.

1. En période coloniale, au lieu de poursuivre l'aménagement de leur région, les Betsileo ont d'abord été mis à contribution dans des zones éloignées. Des chantiers coloniaux ont aussi créé ou développé des noyaux de peuplement en forêt du corridor.
2. Entre 1930 et 1960, avec le développement des transports et de l'économie, c'est une phase d'expansion et d'extensification de la riziculture sur les zones de savanes betsileo non aménagées mais aussi d'exode vers la ville de Fianarantsoa. C'est la phase la plus évidente de " développement rural ", soutenu par la croissance urbaine et les cultures de rente, en particulier le café produit en pays tanala.

3. Une phase d'intensification et de réduction des migrations lointaines, jusqu'à un retour du rapport population/ressources au niveau de référence (10 ares/hab.), exigeant l'aménagement des bas-fonds en forêt et pour les populations désavantagées de trouver des activités de substitution à l'agriculture, notamment forestières
4. La transition actuelle marquée par des difficultés d'accès à la terre qui ont conduit les populations en lisière à investir les petits thalwegs de la forêt naturelle et les pentes (savanes, forêts de lisière et plantations de pins) ou à migrer sur des régions voisines (tanala, moyen Ouest) ou vers la capitale.
5. C'est dans cette phase d'adaptation que les paysans doivent s'accommoder des nouvelles politiques de conservation des forêts appliquées depuis les années 90, qui suppriment notamment leurs activités forestières, et alors que l'intensification rizicole est déjà à un niveau élevé (chap. 20).

Notre étude sur la frange betsileo du corridor de Fianarantsoa a montré l'importance de la dynamique démographique et des possibilités de migration, du mode de vie et des techniques utilisées par les populations locales de la disponibilité en bas-fonds et des inégalités d'accès dans la compréhension des dynamiques de déforestation variables le long du corridor.

Afin d'avoir une vision d'ensemble de l'avenir du corridor de Fianarantsoa, il serait nécessaire de mener des études avec d'autres sociétés riveraines, ayant des modes de vie différents, comme les Bara plus au sud qui sont avant tout des éleveurs et qui ont de faibles niveaux de croissance démographique.

Chapitre 6

Un automate cellulaire pour modéliser l'aménagement des bas-fonds en fonction du peuplement

Rakotoasimbahoaka C.R., Serpantié G., Toillier A., Treuil J.P., Ramamonjisoa A.B.O. & Hervé D.

Résumé : Le couloir RA représente un enjeu national pour la politique de conservation des forêts naturelles et de la biodiversité à Madagascar. L'objectif de ce travail est de relier dans le nord du corridor de Fianarantsoa, l'accroissement du peuplement avec la dynamique de l'aménagement des bas-fonds. Les défrichements constituent une cause importante de déforestation. La progression récente des défrichements serait liée à l'occupation des bas-fonds selon Blanc-Pamard & Ralaivita (2004), confirmé par une analyse cartographique des dynamiques (Serpantié *et al.*, chap. 5). Locatelli (2000) observe que l'évolution démographique est un moteur de la construction du paysage et celle-ci est orientée par le contexte. Il a étudié la relation entre le peuplement et le paysage au niveau des terroirs et des parcelles, tandis que nous étudions les relations entre l'accroissement de la population et la dynamique d'aménagements des bas-fonds à l'échelle de portions identiques d'espace, les cellules, à une échelle régionale, celle du corridor forestier de Fianarantsoa. En vue d'une modélisation de l'extension des défrichements dans le corridor, nous partons de l'hypothèse suivante : la dynamique de défrichement est liée à une dynamique spatiale de conversion des bas-fonds en rizière. Un premier traitement des données par commune de population (1933, 1956, 1993, 2004) et de surface aménagée en bas-fonds rizicoles (1933, 1956, 2004), permet de préciser les processus de base de cette hypothèse bas-fond. Une tendance se dégage vers la saturation " relative " des bas-fonds. Pour approcher la date à laquelle ces bas-fonds seront saturés, nous construisons un modèle d'automate cellulaire à l'échelle du corridor, en utilisant des données par cellule. C'est un modèle prédictif, visant depuis 1933, à prédire 1956 et ainsi de suite. On tente ainsi d'approcher le moment où la totalité des bas-fonds aménageables serait aménagée.

Mots clé : modélisation, déforestation, peuplements, aménagements, bas-fonds, rizières

Introduction

Le couloir RA (Centre Est de Madagascar) représente un enjeu national pour la politique de conservation des forêts et de la biodiversité (Hervé & Treuil, 2005). Les tentatives de caractériser la déforestation du corridor forestier de Fianarantsoa se sont heurtées à une série de difficultés : des différences de légendes entre des cartes disponibles à différentes dates (chap. 4), les possibilités très limitées spatialement d'évaluer un recul de la forêt dans une mosaïque forêt-agriculture (Blanc-Pamard & Ralaivita, 2004). Nous cherchons pour notre part à caractériser la déforestation indirectement par ses déterminants : population résidente et défrichements.

Les défrichements constituent une cause importante de déforestation. Les Bestileo à l'Ouest du corridor étant avant tous des riziculteurs, la progression des défrichements serait liée à l'occupation des bas-fonds et l'aménagement en rizières (Blanc-Pamard & Ralaivita, 2004), ce qui est confirmé par une analyse d'images SPOT (Serpantié *et al.*, 2006). Locatelli (2000) observe que l'évolution démographique est un moteur de la construction du paysage mais que le paysage résulte également du contexte socio-économique et culturel. Nous étudions ces relations à l'échelle de portions identiques d'espace, les cellules, dans des communes d'une fenêtre de 2852 km au nord du corridor forestier de Fianarantsoa et au sud du Parc de Ranomafana (zone FTM OP53).

En vue d'une modélisation de l'extension des défrichements dans le corridor, nous faisons trois hypothèses : (1) ces défrichements sont liés à l'exploitation des rizières par l'éclaircissement des

versants, (2) la recherche de bas-fonds à aménager oriente la répartition du peuplement, (3) il existe un lien entre l'accroissement démographique et la dynamique d'aménagement des bas-fonds en rizières. Et une question se pose alors : au bout de combien de temps la saturation des bas-fonds serait-elle effective ? En effet, une fois les bas-fonds saturés, le moteur de la déforestation serait à rechercher dans d'autres causes et sa dynamique devrait être réévaluée.

Nous abordons cette question sur un plan bibliographique puis analysons des données communales. Ces résultats orientent la construction d'un modèle d'automate cellulaire à l'échelle d'une commune. Nous cherchons enfin, en utilisant ce modèle prédictif sur un pas de temps annuel, à approcher le moment de saturation des bas-fonds dans une commune.

Analyse bibliographique sur l'aménagement des bas-fonds

Nous adoptons la définition du bas-fond donnée par Raunet (1993) : " En région inter tropicale, un bas-fond est un vallon, une petite vallée à fond plat ou une gouttière peu encaissée de 20 m à 500 m de large sans cours d'eau important ou pérenne ". Sur les hauts plateaux malgaches, Chabaud (1993) interprète que la disparition de la forêt et l'appauvrissement rapide des sols ont contraint la population à aménager les bas-fonds dont l'occupation est aujourd'hui totale. Il semble que dans la moitié du 19^{ème} siècle, un équilibre ait existé entre les rizières de bas-fonds et les cultures pluviales de pente. Raison (1984) a constaté, en étudiant les peuplements anciens de ces régions, une absence totale de coïncidence entre les forts peuplements et les forts pourcentages d'aménagement des bas-fonds. Compte tenu de la pression démographique, les bas-fonds ont été aménagés et remodelés par une population résidente ou migrante pour permettre l'extension maximale des rizières et une culture de riz plus ou moins intensive. La répartition des parcelles traduit souvent la structure sociologique du groupe, dont les membres importants ont leurs terres en amont. Cependant l'aménagement des bas-fonds les plus étendus n'a pu se faire que par l'intervention de l'Etat. Ravohitrarivo (1993) montre le rôle capital des bas-fonds pour la production du riz sur les hautes terres malgaches ; les rizières de bas-fonds ont une importance économique non négligeable, représentant 70% des rizières des hauts plateaux et 47% de la superficie totale des rizières à Madagascar. Teyssier *et al.* (1993) illustrent la diversité d'aménagement des bas-fonds, depuis la forêt galerie, le reliquat forestier le moins dégradé, jusqu'aux bas-fonds rizicoles dans les bassins versants de l'ouest de l'Alaotra. Les bas-fonds de première mise en valeur correspondent aux conquêtes les plus récentes des paysans sur la forêt. Ces bas-fonds, une fois aménagés, sont consacrés à la riziculture irriguée. La recherche d'un plus grand espace pour l'implantation de villages de migrants et les besoins en terres neuves des pionniers génèrent une déforestation accélérée.

Serpantié *et al.* (2005) ont trouvé que, du côté betsileo, les bas-fonds forestiers les plus saturés sont ceux qui ont subi la plus forte pression démographique à partir de l'arrière pays non forestier. Il existe des noyaux de peuplement dans la région du corridor à l'origine des villages actuels, qui ont des causes historiques différentes d'une recherche de bas-fonds : villages anciens de forgerons, exploitation d'or et de graphite à l'Est d'Iambara dans la commune d'Androy, chantiers d'exploitation du bois et de construction de la ligne de chemin de fer à partir de 1930. Cette population s'est ensuite stabilisée en aménageant des bas-fonds en rizières, à proximité de leurs lieux de résidence. Serpantié *et al.* (chap 5) montrent les rapports entre l'évolution de la population des communes riveraines, la dynamique régionale d'aménagement des bas-fonds en rizières, et l'évolution du couvert boisé. Ils observent que la progression de la déforestation, en lisière et au centre du corridor, a un rapport étroit avec l'aménagement des bas-fonds de la bande ouest du corridor par les gens des lisières. Cet aménagement en forêt répondrait en général à la saturation des bas-fonds en savane, suivie d'une intensification jusqu'au seuil de 10 ares/habitant, et parfois à des inégalités d'accès à la terre (Cas d'Androy). Les gens des lisières constituent dès lors un nouveau peuplement forestier essentiellement pour la recherche de terre.

Traitement des données

Obtention des données de surface et de population

On entendra par bas-fonds, les vallons au sens de Raunet (1993), reconnaissables sur des photos aériennes au 1/50 000 et des cartes au 1/100 000. Notons que le riz dans la région n'est pas seulement cultivé en bas-fonds mais aussi le long de thalwegs plus étroits, et dans une moindre mesure en terrasses en zone montagneuse. Néanmoins à l'échelle régionale, les surfaces correspondantes sur OP53 sont faibles en comparaison des bas-fonds et ces aménagements ne sont pas cartographiés. Les surfaces en bas-fond aménagées en rizières ont été évaluées à trois dates (1933, 1956, 2004), sur les anciennes cartes FTM OP53 au 1/100 000 de 1933 et 1956, les photos aériennes et les images satellites (SPOT 5/03/04 : 10 m) validées sur le terrain en 2005, et traitées à l'aide de MAPINFO (Ramanandraibe & Ratovo, 2004 ; Serpantié *et al.*, 2006).

Les données de population provenant des recensements ont permis de calculer, à partir des cartes des unités administratives de référence pour chaque date, et en ramenant les données à des unités spatiales identiques correspondant aux communes 1962, les densités de population par commune ainsi qu'un indicateur de pression de population sur les surfaces de bas-fonds (habitants/ha de bas-fond). Pour les communes dont le territoire se répartit entre forêt et savane, la densité de population de savane est corrigée en fonction d'hypothèses sur la population forestière beaucoup moins nombreuse et une représentation de la répartition de la population déduite de la localisation des hameaux sur les cartes au 1/100 000 de 1933 et 1956 (Rafanomezatiana & Ratsimbazafy, 2004 ; Serpantié *et al.*, 2006). Les données de population en forêt n'apparaissent pas fiables car la population, qui est très faible (< 10 hab/km²), est répartie selon des noyaux de peuplement non tous repérés.

Traitement des données par commune

Dans la zone d'étude, 21 communes sont recensées de part et d'autre du corridor ; nous classons les 18 communes dont les limites entrent quasi entièrement dans la fenêtre considérée (OP53), selon les critères suivants (Figure 16) :

- pays (betsileo à l'Ouest, tanala à l'Est) ; distance à la ville de Fianarantsoa, capitale provinciale (réduite pour le " périurbain ", le reste étant qualifié de " rural "),
- éloignement du corridor (loin du corridor : " non riverain ", proche du corridor c'est-à-dire dont le territoire déborde sur le corridor : " riverain "),
- position par rapport à la forêt : savane (" savane betsileo ", " savoka tanala "), forêt (" forêt betsileo ", " forêt tanala ").

L'évolution du taux de rizières entre 1933, 1956 et 2004 est représentée Figure 17. Le taux des rizières est défini comme le rapport entre la surface aménagée en rizière et la surface totale des bas-fonds. Il est égal à 1 lorsque le bas-fond est " saturé ". Pour chaque date et par commune est indiqué le niveau de pression de population sur les bas-fonds, ou de rareté relative des bas-fonds (habitants/ha de bas-fonds).



Figure 16. Limite des communes dans la zone d'étude. Les points indiquent les principaux villages, la ligne indique la falaise séparant les pays tanala à l'Est et betsileo à l'Ouest.

Le taux d'aménagement est le plus élevé là où la pression sur les bas-fonds est la plus forte. De même, lorsque la pression sur les bas-fonds est la plus faible, ceux-ci sont moins aménagés. C'est dans les situations les plus éloignées du vouloir RA (périurbain, ou rural en zone ouest) que le taux de rizières est le plus élevé en 1933 (40 à 60%). En savane près du corridor, ce taux n'était que de 10 à 40%, et de 0 à 10% en forêt. En forêt, la population était très faible au début du siècle et l'émigration absente, d'où un taux d'aménagement quasi nul (Figure 17d, Figure 17f). Par contre dans les forêts mitoyennes de savanes aux rizières saturées, on a parfois atteint très rapidement la saturation des bas-fonds. Cette saturation intervient généralement à partir de 8 habitants par ha de bas-fond. Cependant à Androy, même lorsque ce seuil est atteint, la savane n'est pas saturée (Figure 17c) -des bas-fonds sont retenus, non aménagés, par leurs propriétaires- et des paysans de savane occupent des bas-fonds de forêt. A Ranomafana, de grands bas-fonds restent difficiles à aménager en bordure du Parc si bien que la saturation n'est pas atteinte en 2004 (Figure 17f).

On constate des évolutions parallèles côté betsileo et côté tanala en reconnaissant trois tendances du taux de rizières : une croissance presque régulière dans les communes rurales riveraines à asymptotique dans les communes non riveraines, et proche d'une courbe logistique en forêt. Le taux de rizières ne croît en forêt que depuis 1956 du fait de l'arrivée des migrants puisque la densité de la population reste localement très faible.

Une tendance se dessine vers la " saturation " relative des bas-fonds dans les communes non riveraines ou riveraines alors que la densité de la population augmente régulièrement. Au cours du 20^{ème} siècle, la population augmentant avec un taux de croissance de 1 à 3%, on est passé d'un aménagement des bas-fonds d'accès facile à l'aménagement des bas-fonds relictuels qui nécessitent de plus fortes pressions de population. En pays tanala, d'autres cartes montrent des bas-fonds déjà fortement aménagés en 1940 malgré de faibles densités de populations. Des erreurs cartographiques ont été constatés sur la carte P53 a propos d'autres thèmes (Serpantié *et al.*, chap. 4). La surface en rizières est manifestement surévaluée (selon les observations menées à Kelilalina, Ranomafana, Tolongoina) et la

population sans doute sous-estimée (zones enclavées, migrants betsileo installés à Ranomafana). Ces résultats demanderaient à être confirmés en disposant de plus de trois points afin de vérifier la forme des courbes (exponentielle, asymptotique, logistique) et de les prolonger au-delà de 2004. On peut aussi tenter de remédier à ce déficit de données par la simulation.

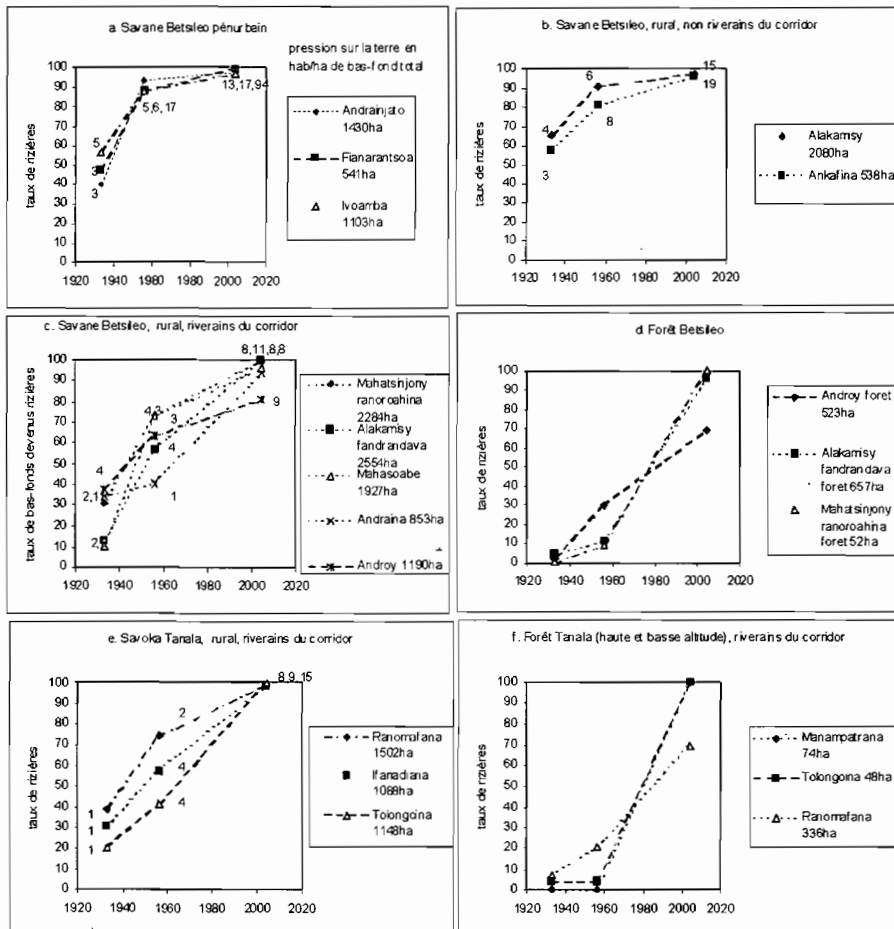


Figure 17. Dynamique d'aménagement des bas-fonds en rizières par type de commune

Description du modèle d'automate cellulaire

Choix d'un modèle d'automate cellulaire

Pour prévoir au bout de combien de temps la saturation des bas-fonds serait effective et où elle le sera en premier, nous cherchons à construire un mécanisme permettant de représenter les dynamiques localisées que nous venons de décrire. Un modèle d'automate cellulaire est choisi pour représenter chaque commune à l'aide de cellules de même surface. Les données par commune sont transformées en données dans chaque cellule, en utilisant la fonction Gridmaker de MAPINFO. Des simplifications sont adoptées pour modéliser la dynamique de cet automate :

- La population s'alimente toute l'année à base de riz irrigué, l'ensemble de la production étant autoconsommée. On néglige dans un premier temps le riz de tavy et d'autres ressources alimentaires cultivées sur pente comme le maïs et le manioc ;

- Chaque cellule a les mêmes composants : la population résidente, la surface de bas-fonds aménagée en rizière et la surface de bas-fonds aménageable. Si dans une cellule, il n'existe pas de bas-fond, la cellule est considérée comme étant aménagée à moins de 1% ;
- Pour représenter le mécanisme d'occupation des bas-fonds, nous considérons que chaque fois qu'il y a une population " excédentaire " dans un bas-fond (supérieure à une capacité de charge limite), cette population accède à un autre bas-fond choisi aléatoirement sur une liste des bas-fonds " possibles " dans la même commune.

Caractéristiques de l'automate cellulaire

Une cellule est une portion de l'espace sur laquelle vont être suivies les variables qui caractérisent les états du système ; plusieurs paramètres sont vérifiés en fonction des valeurs de ces variables (Encadré 1). Chaque cellule est un automate qui change de valeur en fonction des variables suivantes : population, nombre de départs et surface de bas-fonds aménagée en rizières. On choisit la surface d'une cellule dans ce corridor à 4 km² (2km x 2km), comme celle du plus petit terroir villageois observable. L'état de chaque cellule est différent suivant le pourcentage des bas-fonds convertis en rizières : état1 initial (<1%), état2 (1-25%), état3 (25-50%), état4 (50-75%), état5 (75-100%), état final 6 (100%). Nous distinguons trois types de bas-fond : " non aménagé " (étatX, X=1) ; " saturé " est une cellule dont l'aménagement des bas-fonds a atteint le potentiel (étatX, X=6) ; " occupé " est une cellule dont l'état varie entre 2 et 5 (étatX, 2≤X≤5).

Encadré 1

Espace et temps

- Fenêtre au Nord du corridor : 285 200 ha ;
- Cellule de 4 km² (2 km x 2 km), dans laquelle on ne considère qu'un seul bas-fond ;
- Résolutions : unité linéaire 100 m, unité de surface 1 ha, unité de temps 1 année, évolution sur des dizaines d'années.

Variables par cellule

Population P, nombre de départs N et surface de bas-fond aménagé en rizières R.

Paramètres

Paramètres démographiques :

- Taux annuel de croissance démographique (pourcentage) ;
- Rayon du voisinage (par unité de 1000 m).

Paramètres de subsistance :

- Norme de surface en rizière par habitant pour assurer la couverture alimentaire (ares/hab.) ;
- Surface aménageable en bas-fond, par an, selon le travail mobilisé (ares) ;
- Taux de charge limite en bas-fond (pourcentage).

Dynamique

Les variables suivies à chaque pas de temps sont :

R_i (t) : la surface de bas-fond aménagée en rizière de la cellule i au temps t,

P_i (t) : la population de la cellule i au temps t,

N_i (t) : le nombre de départs de la population de la cellule i vers la cellule i+1 au temps t.

- Le déplacement d'une population d'une cellule vers une autre cellule ne peut se faire qu'à partir d'une cellule qui a été totalement aménagée (état 6 antérieur) vers une cellule dont le bas-fond n'est pas encore saturé ;
- La population arrive dans une nouvelle cellule, s'ajoute à la population résidente, et l'ensemble croît selon un certain pourcentage. Cette population réalise des aménagements jusqu'à ce que

l'état de la cellule soit proche de la saturation du bas-fond. Puis cette saturation étant atteinte, l'excédent de population se déplace vers une autre cellule ;

- Pour changer son état, la cellule inspecte l'évolution de sa surface de bas-fond aménagée et, suivant son état, elle inspecte l'état des cellules voisines dans un rayon donné. Si sa distance à une cellule voisine " candidate " est inférieure ou égale à ce rayon, alors on ajoute la cellule candidate à la liste des cellules voisines. Avec un rayon de 2000 m de longueur, on obtient à chaque fois 4 cellules voisines (voisinage de Von Neumann) ; avec un rayon de 3000 m, on obtient 8 cellules voisines (voisinage de Moore) ;
- Si cette liste des cellules voisines contient plus d'une cellule, on choisira la cellule candidate par tirage aléatoire à défaut d'un autre critère.

Implémentation informatique

Simulation

Le modèle d'automate cellulaire suit les processus d'aménagement et de diffusion du peuplement. Les valeurs de ses paramètres les plus sensibles seront calibrées en l'utilisant comme modèle prédictif : à partir des valeurs initiales de la population et du taux de rizières de chaque cellule en 1933, seront prédits les états des rizières, le nombre de départs et la population en 1956 puis en 2004.

Ce modèle a été écrit avec un langage de programmation orienté objet appelé JAVA sous un éditeur " eclipse - SDK - 3.2 - win32 " ; les résultats de l'exécution du modèle sont affichés sur l'interface de simulation (Figure 18, cas de la commune d'Androy) :

- en haut, des boutons de service permettent de lancer une nouvelle simulation, exécuter, arrêter temporairement, reprendre la simulation ou en sortir ;
- à gauche, se trouvent les différents paramètres ; à droite, sont placés les indicateurs ;
- en bas de la fenêtre sont affichés des graphiques (histogrammes et bilans cumulés par variable des années de simulation) ; au centre sont simulées les différentes cellules.

Au début de la simulation présentée sur la Figure 18, on initialise les paramètres par défaut : nombre de pas de simulation = 23 ; taux annuel de croissance démographique = 0,5% ; rayon d'exploration = 2000 m ; norme de surface en rizière = 10 ares/hab. ; surface aménageable en bas-fonds par an = 14 ares ; charge limite en bas-fond = 50%.

Exploration des paramètres

On teste d'abord quels paramètres induisent par leur variation des effets sur les sorties, taux d'aménagement et population. Ceux qui induisent une variation très faible sont fixés : rayon d'exploration, charge limite en bas-fond, norme de surface en rizière par habitant. Les autres paramètres (taux annuel de croissance démographique, surface aménageable en bas-fond et par an) sont modifiés jusqu'à obtenir des résultats simulés proches des données réelles (Tableau VIII). Trois simulations sont réalisées, la première simulation consiste à prévoir 1956 à partir de 1933, la seconde à prévoir 2004 à partir de 1933, la troisième à prévoir 2004 à partir de 1956.

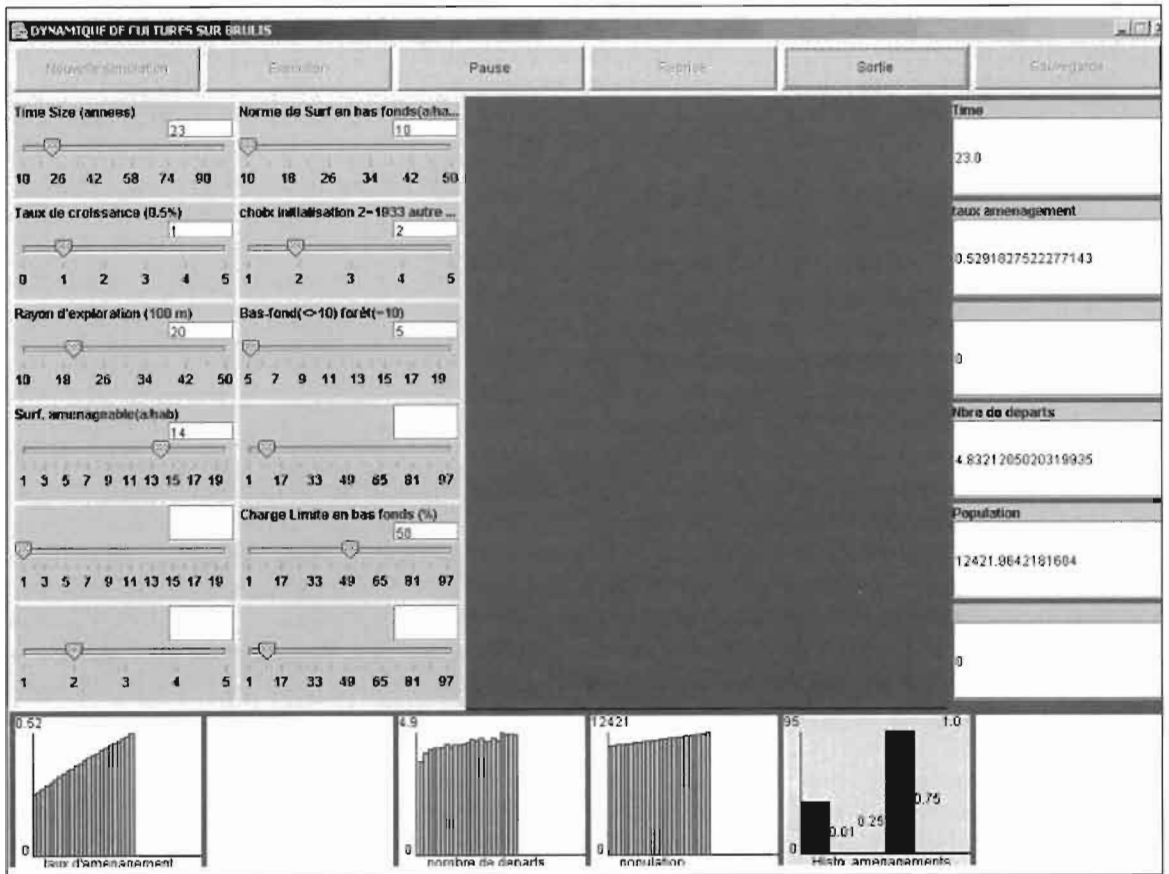


Figure 18. Résultat de la simulation sur une commune ; prédiction en 1956 à partir d'un état initial en 1933

Tableau VIII. Calibration des paramètres en ajustant données réelles et simulées.

Résultats	1933	1956	2004
Calibration n 1 (33-56) : Taux de croissance 0,5%, Surface aménageable 14 ares/hab.			
Taux de rizières (%) réelsimulé		26,5	53,152,9
Population réelsimulé		11080-	907312421
Calibration n 2 (33-2004) : Taux de croissance 1%, Surface aménageable 9 ares/hab.			
Taux de rizières (%) réelsimulé		26,5	53,145,7
Population réelsimulé		11080-	907313917
Calibration n 3 (56-2004) : Taux de croissance 2%, Surface aménageable 9 ares/hab.			
Taux de rizières (%) réelsimulé		26,5-	53,1
Population réelsimulé		11080-	9073

En trouvant des taux de rizières simulés très proches des valeurs réelles, tant en 1956 qu'en 2004, on ajuste les valeurs des paramètres : taux de croissance démographique et surface de bas-fond aménageable par an. Une surface aménageable de 14 ares/hab. donne un meilleur ajustement du taux de rizières en 1956 ; un taux de croissance démographique de 1% donne un meilleur ajustement de la population en 2004, mais un taux de 2% donne un ajustement du taux de rizière équivalent à celui

de la seconde calibration. On utilise le modèle calibré n°1 qui donne le meilleur ajustement du taux de rizière pour générer un taux de rizière annuel à partir de 2004. Il ne restait que 23% des bas-fonds aménageables en 2004 dans la commune d'Androy ; la totalité des bas fonds aménageables serait aménagée en 2025.

Discussion et conclusion

Deux paramètres restent à évaluer à l'issue de cette analyse : les limites du seuil de saturation trouvé et le domaine de validité de l'hypothèse bas-fond.

Les données qui ont été utilisées pour le traitement statistique puis dans la simulation sont des données obtenues sur les bas-fonds de plus de 1 km² pour une taille de H cellule de référence égale à 4 km². Les talwegs (bas-fonds de moins de 1 km², ou inférieurs à 20 m de large), n'ont pas été cartographiés. Donc, après saturation des bas-fonds tels qu'ils ont été définis ici, il restera des talwegs que les paysans s'empresseront d'aménager, même si leur accès, encaissement et petite taille rendent ce travail plus difficile. Il reste par ailleurs de grands bas-fonds non aménagés au nord du corridor qui ne pourraient l'être qu'avec un appui financier. La date de saturation trouvée n'est donc pas absolue, elle est relative et n'indique qu'une saturation prochaine.

Le domaine de validité de l'hypothèse bas-fond est-il limité à certaines zones du couloir et à certaines périodes ? L'hypothèse bas-fond s'applique-t-elle de la même manière en pays tanala qu'en pays betsileo ? Dans la région nord du couloir, dans le pays betsileo, la dynamique d'occupation de bas-fonds progresse d'Ouest en Est, d'abord en savane, puis en forêt. Les bas-fonds en forêt sont les derniers à être aménagés, toujours dans l'intention de défricher les versants. En pays tanala, l'abattis-brûlis est en soi une raison de déforestation, même indépendamment de l'aménagement des bas-fonds. Il faudrait vérifier si l'on peut calibrer le même modèle pour une commune tanala.

La calibration de ce modèle sur une commune a permis de générer un taux annuel d'aménagement des bas-fonds en rizières tout en testant des algorithmes sur l'aménagement des bas-fonds. Ce n'est qu'une première étape puisqu'il faut encore confirmer la valeur des paramètres à calibrer dans d'autres communes et préciser celle des paramètres fixés par défaut. Le même automate cellulaire peut être appliqué à l'ensemble des communes d'un domaine de validité à préciser (ensemble ou portion du couloir). Il est conçu pour absorber dans l'avenir des données sur la défriche du couvert forestier, afin de relier la dynamique de défrichement et la dynamique spatiale de conversion des bas-fonds en rizière avec la densité de la population. Le but final de cette recherche est d'aider au pilotage régional du couloir RA.

INTRODUCTION AU DEBAT *Smektala G.*

Comment les différents acteurs de la gestion de l'environnement se représentent-ils les populations locales, la forêt, la déforestation ?

Au cours des présentations de cette première session du séminaire les chercheurs ont livré leurs propres représentations, construites avec les méthodes et les outils de la recherche scientifique, de l'objet "corridor" de Fianarantsoa. Il a été possible d'en apprécier la richesse et la grande diversité : énoncés verbaux, images satellitales, cartes, diagrammes (courbes, classification hiérarchique, projection d'espace multidimensionnel d'analyse multivariée), automate cellulaire, etc.

La question soulevée ici est celle des représentations des acteurs de la gestion²³ de l'environnement et des forêts, que leur action ressorte du domaine de la recherche et de l'enseignement, de celui de la définition et de la mise en œuvre des politiques publiques, de celui du développement ou de celui de l'action directe sur les milieux et les ressources, par leur exploitation et leurs aménagements (agriculteurs, exploitants forestiers, cueilleurs, etc.). L'énumération de ces acteurs et de leurs domaines d'action laisse supposer qu'il y a un grand nombre de représentations concernant l'environnement et les forêts, a priori différentes les unes des autres. Si l'on admet que la représentation précède l'action, on en vient alors, dans un système d'action multi-acteurs, à s'interroger sur les possibilités d'inter-compréhension des acteurs qui ont à débattre ou à interagir dans le cadre de la gestion des espaces et des ressources forestières, afin d'atteindre un objectif que l'on souhaite commun.

Avant d'aller plus en avant, il est nécessaire de rappeler quelques définitions des représentations et quelques éléments sur les modalités de leur élaboration. Le sujet est vaste, il a été traité par des spécialistes de plusieurs disciplines et il n'est bien sûr pas question ici de faire un point exhaustif. Reprenons ci-dessous les définitions et commentaires donnés dans le Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés (Lévy & Lussault, 2003). Comment peut-on concevoir les représentations ? La conception objectiviste, traditionnelle, est celle qui renvoie à "un signe qui réfère à un objet existant indépendamment de lui", établissant une correspondance entre des mots, des cartes, etc., et des choses. La conception constructiviste, considère "que la forme symbolique configure voire instaure les objets dont elle parle, qui ne lui pré-existent pas mais qu'elle construit dans leur pertinence, leur organisation et leur sens." Ces objets construits peuvent ensuite être repris, manipulés, voire réifiés au cours d'un processus enchâssé dans l'histoire et les contextes sociaux. La déforestation est un bon exemple de ce type de construction et de l'utilisation qui peut en être faite : si elle ne peut être niée au niveau planétaire et global, elle a parfois été en effet réifiée à des niveaux locaux sans grande précaution de vérification objective, comme le montre l'étude diachronique de la couverture végétale de la zone du corridor de Fianarantsoa présentée ce matin, qui remet en cause certaines assertions sur la localisation et l'ampleur du phénomène.

Les représentations peuvent aussi être différenciées selon leur caractère immatériel²⁴ (représentations mentales correspondant à des actes de pensées) ou matériel (représentations stabilisées : écrits, cartes, schémas, etc.). Dans ce dernier cas elles deviennent des énoncés communicables, échangeables, véhicules de l'intersubjectivité, discutables, et elles intéressent donc tous ceux qui s'interrogent sur les

²³ Les objectifs assignés à la gestion peuvent être divers : production de biens et de services, conservation des écosystèmes, protection des sols, etc

différentes manières de voir l'état du monde, souhaitent les voir partagées et les faire évoluer, pour in fine modifier l'état des choses.

Les représentations sont le produit d'une construction mentale, qui demande un temps d'élaboration. Elles sont en cela différentes des perceptions, résultats d'un phénomène physiologique immédiat.

On doit distinguer également les représentations individuelles, produits d'une vision singulière du monde (celles des artistes peintres par exemple), des représentations sociales, manières de penser la réalité quotidienne, le rapport au monde, élaborées, transmises et partagées socialement au sein d'une communauté, et qui instituent une réalité consensuelle et orientent les conduites d'un groupe, pour la recherche de la maîtrise de l'environnement social, matériel et idéal. Ces représentations sociales et culturelles peuvent être des facteurs de cohésion ou de différenciation, selon qu'il y a adhésion ou non de la part des individus.

Un mot enfin, sur la question plus spécifique des représentations spatiales, abordée par la géographie, et qui nous intéressent ici spécialement compte tenu de la dimension spatiale inhérente aux forêts. Il faut également distinguer les représentations mentales des représentations objectales (sur support), et les représentations vernaculaires (comment les objectiver ?) de celles des savants et des experts, chacune ayant leur pertinence dans des systèmes cognitifs et de production de l'espace par les pratiques particuliers.

Les représentations instaurent donc une forme de connaissance, et, en tant que schémas cognitifs pertinents du réel, elles sont mobilisées par les individus, les groupes et les institutions pour la réflexion et l'action. Dans un système de gestion concret multi-acteurs, c'est le cas de celui de la forêt, il y a multiplicité des points de vue et ce qui est pertinent pour une catégorie d'acteur ne l'est pas nécessairement pour une autre. Le passage d'une gestion effective²⁵ de la forêt à une gestion intentionnelle²⁶ nécessite la recherche d'une certaine collaboration entre les acteurs concernés. Cette collaboration demande au préalable une discussion et une négociation, qui, comme nous l'apprennent l'expérience et les chercheurs de ce domaine, demandent elles mêmes une explicitation des points de vue, des représentations. Faire évoluer les conditions de l'action et de la gestion, c'est donc rendre intelligibles aux autres les représentations des uns, et sans doute les faire évoluer ou en créer de nouvelles. L'approche constructiviste conforte cette démarche dans le sens où l'émergence d'une nouvelle façon de voir les choses et le monde, et sa diffusion, peuvent entraîner en conséquence des comportements nouveaux. On le voit clairement en ce qui concerne l'élaboration des ensembles de représentations liés à des phénomènes globaux, qui, s'ils existent déjà matériellement, deviennent présents en tant que tel dans le contexte social et politique : déforestation mondialisée, réchauffement climatique, changement global, qui induisent une activité scientifique et politique nouvelle et intense.

Mais mettre en lumière les multiples représentations de cette diversité d'acteurs et les rendre compréhensibles par tous posent des problèmes méthodologiques auxquels la recherche doit s'attaquer. Comment les décrire ? Comment les faire partager ? Faut-il élaborer un langage commun ou apprendre le langage des autres (comme le font l'ethnologue et parfois d'autres chercheurs) et

²⁴ Quoiqu'elles peuvent être aussi associées à des états neuronaux

²⁵ Ensemble des actes de gestion subis concrètement par un milieu (Mermet, 1991)

²⁶ Ensemble des actions ayant pour but la résolution d'un problème d'environnement (ibid.)

découvrir tout ce qu'il porte (la multitude des variations du blanc de la neige chez les Inuits, celle des types de sol chez les Mundangs) ? Peut-on encore se contenter de diffuser une représentation jugée la plus pertinente et "conscientiser un groupe cible" ? Comment formaliser et intégrer les représentations à des démarches (les méthodes participatives) et à des outils (les modèles de simulation de l'évolution des espaces et des ressources), afin de construire, proposer et mettre en discussion des scénarios du futur ? Le chantier a été ouvert par plusieurs équipes de recherche et il reste beaucoup à faire.

Sur le plan culturel, on assiste aujourd'hui à une domination de fait des représentations à caractère scientifique pour l'organisation de l'action dans le champ des problématiques environnementales, même si dans certains cas, les communautés locales et les peuples autochtones sont pris en considération (alinéa 8j de la convention sur la Diversité Biologique). Mais peut-on faire l'économie d'une réflexion sur les rapports à la nature qu'entretiennent les sociétés, y compris les sociétés occidentales, dans leur différentes composantes. La vision matérialiste de la nature dans son opposition à l'humain (non humains/humains) et le partage entre nature et culture (invention occidentale encore récente) ne sont pas partagés par tous. L'anthropologue P. Descola, en interrogeant les manières d'être présent au monde, inventorie ainsi quatre façons d'identifier les "existants" et de les regrouper à partir de traits communs, selon qu'il y a, au sein de cet ensemble, continuité ou discontinuité de l'intériorité et de la "physicalité" (Descola, 2006). D'autres chercheurs s'interrogent plus précisément sur la correspondance entre la diversité socio-culturelle des savoirs et la biodiversité, sur les trois facettes des savoirs : leur nature, leur formation et leur évolution, leur fonction dans la constitution de la biodiversité (Michon, 2003). L'intégration de ces approches nouvelles aux travaux sur la gestion des forêts devrait être fructueuse.

La pluralité de ces visions du monde se double du problème des valeurs qu'elles portent et qu'il est utile de comprendre. Par exemple, ce qui est perçu par les uns comme une dégradation d'un milieu portant une forme de végétation peut être considéré par les autres comme une forme de mise en valeur. Cette hétérogénéité débouche sur la confrontation de valeurs qui vont induire des incompréhensions, voire des conflits, et une difficulté à coordonner les actions vers un objectif partagé. L'explicitation des valeurs attachées aux représentations et sa reconnaissance par les autres acteurs impliqués est donc un préalable à une action raisonnée respectueuse d'autres sociétés et cultures.

En conclusion, tenir compte de la pluralité des représentations, le plus souvent ignorées par la vision occidentale dominante dans les instances de décision internationales et chez les bailleurs de fonds, semble impératif pour conduire la gestion des espaces forestiers avec quelques chances de succès. Mais les problèmes méthodologiques sont ardues et leur résolution demande la poursuite des efforts de la recherche en liaison avec le développement.

Deuxième partie

Pratiques locales, dynamiques écologiques et construction de paysages

Chapitre 7

La diversité des plantes cultivées dans la région de Fianarantsoa

Radanielina T., Carrière S. & Serpantié G.

Résumé : A l'instar de la riche biodiversité malgache (écosystèmes, espèces endémiques...), l'écosystème agricole héberge également des ressources phytogénétiques importantes pour l'alimentation et l'agriculture, résultat d'une longue histoire humaine de domestication, d'introductions d'espèces cultivées et de différenciation variétale. Au cours du dernier siècle, le développement d'une agriculture orientée vers la production, en liaison avec l'accroissement de la population a-t-il entraîné le remplacement des cultivars locaux par un nombre limité de variétés sélectionnées ? Dans la région de Fianarantsoa, les populations vivant autour du corridor pratiquent une agriculture de subsistance dans laquelle la diversité des plantes cultivées a été étudiée. L'étude présente les différents aspects de la diversité des plantes cultivées : à l'échelle régionale, village et exploitation. Cette étude exprime également la richesse biologique (matériel génétique végétal) et culturelle (toutes les connaissances et savoir-faire qui s'y rattachent, en production, transformation, symbolique). Si le riz est partout la culture " de civilisation ", l'exploitation familiale cultive toujours un nombre élevé d'espèces (17 en moyenne). En revanche, la diversité intra spécifique s'exprime plus au niveau village qu'au sein de l'exploitation. A l'exception des patates douces, le nombre de variétés entretenues par exploitation reste faible, en moyenne deux ou trois suivant l'espèce. C'est la diversité entre exploitations qui enrichit essentiellement la diversité intra spécifique de la région. Les variétés traditionnelles et les variétés introduites coexistent dans la région, la venue des nouvelles variétés n'entraînant pas forcément l'abandon des " variétés des ancêtres ", ces dernières représentant des valeurs à la fois agronomiques (rusticité, résistance aux intempéries, adaptation au climat) et aux techniques appliquées et socio-culturelles. L'arrivée de nouvelles variétés ne ferait donc qu'enrichir la diversité agricole et augmenter les possibilités dans la lutte pour la subsistance et l'adaptation à une diversité d'accès aux moyens de production. Dans certains cas cependant où l'arrivée d'une nouvelle variété remplit d'un coup de nombreuses attentes, et où des mesures réglementaires ou l'état de l'environnement interdisant certains modes de production, favorisent un mode de production adapté à cette " variété miracle ", le risque est plus grand de voir disparaître des cultivars traditionnels. Des cas observés en pays tanala en lisière de corridor, en liaison avec des mesures d'accompagnement de la conservation de la biodiversité, sont discutés.

Mots-clés : agrobiodiversité, plantes cultivées, agriculture de subsistance, conservation, Madagascar, Betsileo

Introduction

De par le monde, une diminution de la diversité génétique des plantes cultivées a été constatée suite à la création de variétés très productives (FAO, 1997). Dans les systèmes agraires traditionnels, les paysans maintiennent une diversité élevée au niveau spécifique et variétal (Glachan & Levêque, 1993 ; Vernooy, 2003). Cette diversité, appelée communément biodiversité agricole, représente une richesse, à la fois culturelle, technique, et naturelle. Elle joue un rôle important dans le système de production en remplissant plusieurs fonctions dont celle de réservoir de gènes pour l'avenir.

L'existence d'un large éventail de cultures et de cultivars est essentielle à l'agriculture de subsistance. La durabilité de ces systèmes de production dépend de leur adaptabilité face au changement d'environnement. La disponibilité d'une large gamme de ressources génétiques contribue à leur souplesse (Reijntjes *et al.*, 1995). La structure optimale de cette diversité est cependant fonction des conditions naturelles, des facteurs économiques et socio-culturels, qui varient selon les lieux et sociétés (Bellon *et al.*, 1997). Aussi l'étude de ce niveau optimal et la compréhension des processus qui permettent de le maintenir, sont cruciaux.

Afin de réaliser un tel diagnostic, l'agro-biodiversité doit être analysée suivant trois dimensions. La dimension compositionnelle décrit les éléments présents dans le système agricole. La dimension structurale étudie la hiérarchie entre ces éléments, ainsi que les rôles de cette diversité. Les processus de gestion qui influencent la composition et la structure constituent la dimension fonctionnelle. Dans ce chapitre, il sera question de la composition et de la structure, le fonctionnement étant déjà abordé par Radanielina (2005).

La région betsileo de Fianarantsoa se situe sur les Hautes Terres malgaches, à 400 km au sud de la capitale, en altitude (1000-1500 m). Les études relatives à la biodiversité dans les écosystèmes naturels y sont nombreuses de par l'existence de forêts naturelles riches en espèces endémiques, mais réduites à moins de 10% de la surface totale (Goodman *et al.*, 2000 ; CI, 2002). En revanche, les études relatives aux agro-écosystèmes sont encore rares. Pourtant les patrimoines génétiques et culturels de l'agro-diversité pourraient être modifiés par les mesures de développement rural et de conservation. Le but de cette étude a été d'inventorier et d'analyser la diversité biologique agricole betsileo, d'une part afin de combler une lacune scientifique sur le système agraire betsileo, et d'autre part fournir un état des lieux avant les grandes opérations accompagnant la création de l'aire protégée du corridor.

Matériel et méthodes

Contexte

Le climat de la région de Fianarantsoa est tropical de moyenne altitude. L'hiver y est frais (15°C de mai à août). Des savanes²⁷ de l'Ouest à la zone forestière de l'Est (escarpement tanala), un gradient climatique serré existe : le climat passe d'un type sub-humide (8 mois de saison sèche) à un type per-humide sans saison sèche (cf. chap. 2) en 50 km. Le sol des pentes est représenté surtout par des sols ferrallitiques et des colluvions et celui des plaines par des sols hydromorphes plus ou moins organiques.

Le coté ouest du couloir forestier est habité par les Betsileo, agriculteurs-éleveurs, à haute densité de population (50 à 200 hab./km²) possédant autrefois des troupeaux de zébus et travaillant la rizière. Les zones rurales rencontrent des problèmes économiques dus à l'insuffisance des productions et à la saturation des bas-fonds, tous convertis en rizières (voir chap. 4). Actuellement, une part croissante de la production rizicole est vendue afin d'acquérir terres et bétail, l'alimentation se tournant de plus en plus vers les tubercules. L'agriculture y est une agriculture familiale de subsistance, exigeant des activités de complément pour les périodes de soudure.

Méthodes

L'agro-diversité a été envisagée à différents niveaux d'échelles pertinents pour l'analyse : la région, le village et l'exploitation agricole. Cinq villages betsileo ont été choisis suivant un transect Ouest-Est de 45 km suivant le gradient climatique d'humidité. Les cinq villages sont, du plus sec au plus humide : Ambalamarina, Amparihilava, Igodona (milieux ouverts), Ambendrana (lisière) et Amindrabe (forêt). Ils sont constitués d'un ou plusieurs hameaux peuplés de 150 habitants environ soit une trentaine d'exploitations familiales. L'agriculture et l'élevage sont les activités principales. Pendant la période de soudure qui est aussi une période de travaux agricoles (octobre-janvier) existent d'autres activités de complément, parfois en migration saisonnière. En plus de leur distance au corridor forestier, chaque village présente des caractéristiques propres, permettant de comparer la biodiversité agricole suivant différents contextes (Tableau 9).

²⁷ Nous utiliserons ce terme pour désigner le paysage ouvert dominant à l'Ouest du couloir forestier, qui contient des pseudo-steppes, des reboisements de pin et d'eucalyptus, des rizières, des cultures.

Dans chaque village, onze exploitations ont été échantillonnées à partir d'une liste fournie par le responsable administratif mentionnant le nom du chef de famille, l'effectif de résidents (moins de quinze ans et plus de quinze ans), ainsi que leur niveau de vie numéroté de 1 à 3.

Tableau 9. Contextes des villages étudiés (d'Ouest en Est)

	Ambalamarina	Amparihilava	Igodona	Ambendrana en lisière du couloir forestier	Amindrabe dans le couloir forestier
Milieux dominants hors bas-fonds	Pseudo steppe	Forêt d'eucalyptus Reboisement vers 1925 Pseudo-steppe	Forêt de pins reboisement 1970 Pseudosteppe Eucalyptus	Forêt naturelle pseudosteppe	Forêt fourrés arbustifs (corridor)
Proximité du marché hebdomadaire	Isorana 3 km	Ambohimahasoa 10 km	Sahambavy- 10 km	Sahambavy 10 km	Sahambavy 15 km
Voie de communication	Route nationale	Piste pour véhicules	Piste pour véhicules peu utilisée	idem	Seulement à pieds
Activités de gestion forestière				GCF****	GCF****
Dernière activité de développement menée dans le village	AHI 1999*	aucune	ANAE **	LDI-PTE-ERI ***	LDI-PTE-ERI***

* AHI : African Highland Initiative ; Projet de recherche-développement ; diversification-intensification-lutte anti-érosive

** ANAE : Association Nationale pour l'Aménagement et l'Environnement : lutte anti-érosive

*** LDI-PTE-ERI : ONG américaine (Landscape Development Initiative) : diversification-intensification-lutte anti-érosive

**** GCF : gestion contractualisée des forêts avec un VOI (comité de base) : conservation-production durable

Les ménages les plus " aisés " possèdent une grande surface de rizières et plus de deux zébus, les familles de niveau de vie moyen possèdent des rizières suffisantes mais un seul zébu ou aucun, et les ménages en démarrage ou en difficulté n'ont pas d'animaux et leurs rizières sont insuffisantes. L'échantillonnage avait pour but de représenter la diversité suivant trois critères : taille du ménage, taux d'actifs, niveau de vie. Le contact a débuté par un entretien semi-directif avec le chef d'exploitation. Puis, les visites des champs et des greniers, des enquêtes sur les fonctions de la diversité des plantes ont suivi. Les informations ont été obtenues essentiellement en visitant les parcelles de culture et le terroir avec les paysans. Des entretiens semi-directif ciblés ont permis d'obtenir des renseignements plus détaillés sur les représentations et les raisons de choix de chaque plante cultivée, et sur l'importance de chacune en terme de travail, de revenu et d'alimentation. Des échantillons (plantes, graines) ont été collectés et mis en herbier.

Résultats

Dimension compositionnelle

Diversité régionale

Espèces

Les espèces cultivées sont plantées intentionnellement par les paysans actuels ou l'ont été par leurs ascendants. Quarante-cinq espèces ont été décomptées au total. Une trentaine d'espèces sont cultivées dans chaque site : 37-41 (en savane) à 27 (en forêt). La richesse spécifique régionale se

retrouve donc quasiment dans chaque village de savane, tandis que les villages de forêt seraient pauvres en espèces cultivées. La moindre richesse en zone forestière pourrait être reliée au caractère récent de la colonisation du couloir forestier (début du 20^{ème} siècle, orpaillage) et à l'existence de contraintes particulières en forêt, qui gênent les cultures maraîchères et celles de contre saison (humidité, ravageurs en période froide, enclavement, cf. chapitres 2 et 19).

Les plantes cultivées à grande échelle (catégorie 1) sont communes pour les cinq villages, de même pour le haricot, les pommes de terre, les brèdes, la canne à sucre, le maïs et le bananier. Les principales variations entre villages s'observent dans les catégories 2 (petites parcelles, plantes associées) et 3 (rares). Ce sont :

- les fruitiers : manguiers, avocatiers, papayers, ananas, melon ; le jacquier et le grenadier ont été observés seulement à Amparihilava.
- les légumes et épices : petit pois, concombre, ail, gingembre, piment.

Le nombre moyen d'espèces cultivées par exploitation est d'environ 30 à Ambalamarina et 14 à Amindrabe. On retrouve ici la faible diversité cultivée en forêt. Une partie de la diversité villageoise tient à la diversité des types d'exploitations, qui opèrent des choix sur les espèces ou qui héritent d'espèces différentes de leurs voisins (notamment les fruitiers).

Tableau 10. Espèces cultivées dans la région de Fianarantsoa

	Nom commun	Nom scientifique		Nom commun	Nom scientifique
Catégorie 1 : cultivées à grande échelle	Riz	<i>Oryza sativa</i>	Catégorie 3 : cultivées seulement en quelques pieds	Fruitiers :	
	Manioc	<i>Manihot esculenta</i>		Manguier	<i>Mangifera indica</i>
	Patate douce	<i>Ipomea batatas</i>		Pêcher	<i>Amygdalus persica</i>
	Taro	<i>Colocasia esculenta</i>		Néflier du Japon	<i>Eryobotrya japonica</i>
	Pois de terre	<i>Voandzeia subterranea</i>		Papayer	<i>Carica papaya</i>
	Arachide	<i>Arachis hypogea</i>	Jacquier	<i>Artocarpus integrifolia</i>	
			Caféier	<i>Coffea sp.</i>	
			Grenadier	<i>Punica granatum</i>	
			Oranger	<i>Citrus sp.</i>	
Catégorie 2 : cultivées dans de petites parcelles ou associées avec d'autres plantes	Haricot	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Pamplemoussier	<i>Citrus grandis</i>	
	Pomme de terre	<i>Solanum tuberosum</i>	Avocatier	<i>Persea americana</i>	
	Choux	<i>Brassica oleracea</i>	Ananas	<i>Ananas comosus</i>	
	Tabac	<i>Nicotiana tabacum</i>	Epices :		
	Canne à sucre	<i>Saccharum officinarum</i>	Piment	<i>Capsicum sp.</i>	
	Bananier	<i>Musa paradisica</i>	Gingembre	<i>Zingiber officinale</i>	
	Maïs	<i>Zea mays</i>	Ail	<i>Alium sp.</i>	
	Concombre	<i>Cucumis sativa</i>	Légumes :		
	Sorgho	<i>Sorghum vulgare</i>	Melon	<i>Lagenaria vulgaris</i>	
	Petit pois	<i>Pisum sativum</i>	Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>	
	Théier*	<i>Camelia sinensis</i>	Ignames	<i>Dioscorea sp.</i>	
	Vigne*	<i>Vitis vinifera</i>	Carotte	<i>Daucus carota</i>	
			Chouchoute	<i>Sechium edule</i>	
			Médicinales :		
		Aloe	<i>Aloe sp.</i>		
		Amiana lahy	<i>Obetia radula</i>		
		Vaza	<i>Curcuma longa</i>		

Variétés

Variétés ou cultivars désignent la plus petite unité de classification paysanne des plantes cultivées, s'exprimant par des caractères morphologiques (couleur des feuilles, des tiges, forme ou couleur des graines ou des tubercules) ou agronomiques (précocité, productivité, tolérance à diverses contraintes, propriétés organoleptiques etc). Cette classification est entièrement basée sur les savoirs des paysans (Tableau 10).

²⁸ Par brèdes, on entend les légumes-feuille : Pé-tsay (*Brassica sp.*), Ramirebaka, (*Brassica sp.*), Anamamy, (*Solanum nigrum*), Anamalaho (*Spilantus acmella*). Les feuilles des tubercules : manioc, patate douce, taro sont aussi consommées comme légumes-feuilles. Elles ne sont pas considérées comme brèdes ici parce qu'elles sont cultivées d'abord pour leurs tubercules

Une grande diversité intra-spécifique régionale sur les cultures majeures a été constatée, 18 variétés pour la patate douce, 12 pour le riz et 11 pour le manioc. La diversité est plus faible pour le haricot, taro et pois de terre (Tableau 11).

Tableau 11. Cultivars recensés sur le transect

Riz	Manioc	Patate douce	Taro	Haricots	Pois de terre	
Ambaniravina	Balila	Adala matanjaka	Ray fara	Ramamy	Ambalalava	Goga
Isandra madio	Diguet	Ebokely	Sihanaka	Ramandady	Fotsy	Mena
Japonais	Fito ravina	Faladihan-gisa	Telo volana	Saonjo fotsy	Mena	Petina
Piritika	Kajaha gasy	Kalatakatra	Tov.Miandrandra	Saonjo mangidy	Rango	Tsotra
Ségo	Kajaha mainty	Kambara	Tsy hanin'amboa	Saonjo rano	Verts	Mainty
Vary chine	Kely manatody	Kirango miendaka	Valoarivo	Saonjo		
Vary lava	Maitso kely	Lava tanana	Vinany telo	voloparasy		
Vary mena	Mità	Manambakaamb.				
Vary vory	Mme	Mavoloha				
X265	menamolotra	Mbizo karaoty				
Zato andro	Valga	Mbizo voanjo				
Tsipala	Vary anaty mena					

La variété de **riz** dominante diffère suivant le site. A Ambalamarina, la variété X265, un cycle court du FOFIFA introduite en 2001, est dominante. A Amparihilava et Igodona, la variété *vary mena*, une variété traditionnelle tient la première place, tandis qu'à Amindrabe et Ambendrana, vient en tête la variété " Japonais " tolérante au froid humide. En zone forestière très humide (Vohipara), c'est une variété naine de Chine qui est majoritairement cultivée. Les variétés locales sembleraient être privilégiées dans les villages anciens du pays betsileo, tandis que les variétés introduites sont observées aux marges sèches ou humides récemment colonisées.

Trois variétés de **manioc** doux (cultivé sur pentes de collines herbeuses, les *tanety*, ou à présent, dans les anciens reboisements de pin de la lisière) se retrouvent dans les cinq sites : *mita*, *valga* et *kely manatody*. Ce sont toutes des variétés récemment introduites dans la région. Les variétés les plus cultivées changent également d'un site à un autre, *kely manatody* (variété douce) et *kajaha gasy* (variété amère ancienne) dominent à Ambalamarina ; *mita* et *valga* (récentes) prennent la tête pour Amparihilava, Igodona et Ambendrana ; *mita* et *kely manatody* sont les plus utilisées en forêt. Dans la majorité des cas, *mita* et *valga* sont cultivées ensemble dans la même parcelle. Les variétés anciennes de manioc amers comme *kajaha gasy*, *kajaha mainty*, *fito ravina*, et *balila* ne se trouvent qu'en savane, à Ambendrana, Ambalamarina et Igodona. Quelques pieds se retrouvent mélangés dans des peuplements de *mita* ou *valga*. Il existerait donc une tendance, pour le manioc, à conserver des variétés anciennes en tant que collections (ou par inadvertance) mais non pour la production, à l'exception de la marge sèche.

La patate est cultivée dans les cinq sites avec une importance variable. A Ambalamarina par exemple, le climat ou le sol favorisant le pourrissement des tubercules et l'attaque par les parasites, les paysans la cultivent peu. Dans les quatre sites à l'Est, la culture de patate douce joue un rôle essentiel en tant que substitut au riz. Malgré le nombre très élevé de variétés, il n'y a pas de spécialisation des villages pour l'une ou l'autre. Seule *akarino* est particulière à Amindrabe.

Le taro est cultivé aussi dans les cinq sites en bordure des rizières. En approchant de la forêt, cette culture prend une place croissante et " sort " du domaine des bas-fonds pour être cultivées sur les bas de pente. La variété *ramandady* est utilisée par plus de 70% d'exploitations cultivant le taro.

Le haricot est cultivé à grande échelle dans la région de Fianarantsoa. Cette production tient une place importante. Trois variétés ont été rencontrées dans tous les sites. Le haricot vert a été seulement vu à Ambalamarina, *rango* se rencontre uniquement à Igodona et Ambendrana.

Le village ouest d'Ambalamarina possède les cinq variétés de pois de terre dont une (*Voanjo mainty*) ne se retrouve pas ailleurs ; cette variété est utilisée également comme plante magique contre la sorcellerie. Les trois autres variétés ont été trouvées partout.

Diversité inter-exploitations

En analysant le taux d'exploitations pratiquant chaque culture principale (Tableau 12), on ne trouve que très peu de différence entre les sites. Riz, manioc et patate douce ont un statut de cultures vivrières systématiques (excepté à Ambalamarina pour la patate douce et le manioc en forêt (ravageurs, faible tubérisation, pourritures). Les exploitations se différencient fortement sur la pratique des espèces secondaires, sauf à Igodona, où toutes les exploitations font de tout.

Tableau 12. Pourcentage d'exploitations pratiquant les cultures principales

	Ambalamarina	Amparihilava	Igodona	Ambendrana	Amindrabe
Riz	100	91	100	100	100
Manioc	91	91	100	100	80
Patate douce	36	100	100	100	100
Taro	55	55	100	82	60
Voandzou	64	64	100	73	40
Haricot	64	55	73	82	40
Brèdes	64	55	73	82	40

Dimension structurale

La structure de la diversité est obtenue par une typologie des cultures. La place et les rôles relatifs de chacune sont abordés. Les plantes cultivées se répartissent dans la région et au sein des villages suivant un certain nombre de règles, économiques (adaptations aux différences de milieux, aux habitudes alimentaires, au marché, aux disponibilités en moyens), culturelles ou symboliques (fidélité aux héritages techniques, culturels et religieux) qui entretiennent la cohésion de la société rurale.

Adaptations écologiques et au marché

Les choix des espèces et des variétés peut être interprété d'abord comme un moyen de mieux exploiter les particularités du milieu. On l'a d'abord vu pour les contraintes écologiques existant aux deux marges sèche, et humide, du pays betsileo, qui favorisent les variétés introduites plus adaptables, et par le choix d'espèces et de variétés convenant aux différentes facettes agricoles (ou niches) des territoires villageois.

D'autres domaines d'adaptation des variétés existent : à certains systèmes de culture (fumure, date de plantation, engrais chimique pour le riz seulement) et besoins particuliers ou locaux (goûts, marché) (Radanielina, 2005).

Importance des espèces dans le système de production

Les différentes espèces mobilisent différemment les moyens de production disponibles.

Terre

Les espèces sont regroupées en trois catégories suivant leur importance respective en terme de mobilisation d'espace :

- Plantes cultivées à grande échelle, cultivées sur de grandes superficies, et dominant dans le paysage de tanety et bas-fonds. Ni les villages ni les exploitations ne sont spécialisés.

- Plantes cultivées dans des petites parcelles ou en association avec d'autres cultures : surtout dans le *tambina* (bande séparant le bas fond humide et le *tanety* sec), endroit favorable pour la culture maraîchère de contre saison où l'arrosage est facile. Ces espèces sont réparties de manière non uniforme entre exploitations.
- Plantes cultivées seulement en quelques pieds : autour du village ou dans le *vodivala*, en dessous du hameau. Quelquefois, on les trouve dans les autres facettes de paysage (*tanety* ou *tambina*) comme marqueur foncier.

Travail, aménagement, argent

Les enquêtes ont mis en évidence la primauté de l'activité rizicole en terme de quantité de travail et de sa répartition saisonnière. Le manioc et le pois de terre sont les cultures les moins exigeantes (Tableau 13). Pour le riz seulement, les paysans consentent un investissement monétaire sous forme d'engrais chimique et de travail salarié.

Tableau 13. Temps de travail et milieux nécessaires pour chaque culture principale

	Riz	Manioc	Patate douce	Taro	Haricot	Pois de terre	Brèdes
Période de pic de travail	Du mois de juillet jusqu'au mois d'avril	Juillet -août ou janvier -février	Février - -mars- avril	Juin-Juillet	Juin-Juillet ou décembre -janvier	Novembre -décembre	Juillet- Août
Opérations élémentaires	-Labour : pépinière et rizière -Entretien des canaux d'irrigation -pépinière - Hersage - Pietinage - Repiquage -Sarclages -Fauchage -Transport -Battage	-Labour -Plantation -Récolte	- Labour - Plantation - Récolte	- Labour - Trouaison - Plantation - Récolte	- Labour - Semis -Sarclage - Récolte	-Labour -Semis -Récolte	- Labour - Semis sur pépinière - Transfert - Arrosage - Récolte
Niches agroécologiques	Rizière plane, drainée et irriguée seulement	N'importe quel tanety	Vodivala quelques tanety, kapokas	Tambina et seulement quelques tanety	Tambina et Vodivala, kapokas	N'importé quel tanety	Tambina

Besoins économiques

Il s'agit d'un contexte d'agriculture de subsistance où une grande partie de la production vivrière et destinée à la consommation de la famille. Le riz est au centre des objectifs de production. Les revenus qui permettent de construire, d'acheter des moyens de production, à savoir des rizières, des animaux, des PPN, portent le plus souvent sur une fraction de la production rizicole. Les activités non agricoles (menuiserie, briques, *toaka gasy*, charbon, porcs et volaille, travail saisonnier etc.) y contribuent et servent aux achats de riz en période de soudure. Le besoin en riz n'est jamais satisfait, même pour les plus aisées des exploitations.

Les tubercules sont perçus comme une assurance, une alternative vivrière, un pis-aller, et fournissent la plus grande partie de la nourriture pendant la période de soudure. Dans de nombreux ménages des villages où le rapport population/bas-fonds présente un excédent (Ambalamarina, Amparihilava, de l'ordre de 20 hab./ha), les tubercules sont consommés la majeure partie de l'année. La province de Fianarantsoa produit en tonnage trois fois plus de manioc, un " aliment de substitution " que de riz " l'aliment de base ".

Les ménages ont besoin d'accompagnement du riz : haricot, pois de terre et brèdes. La quantité nécessaire reste modeste mais doit être suffisante et les récoltes ou réserves bien réparties dans l'année.

Le rôle essentiel du riz, alors qu'il n'est pas toujours la production principale, s'explique par le système de représentation *betsileo*.

Besoins sociaux, culturels et symboliques

Chez les *Betsileo*, chaque plante cultivée trouve une place dans le système de représentation. Ce système classe les plantes en catégories d'affinité à l'homme décroissante, le riz étant la référence n°1. La Figure 19 résume ce système.

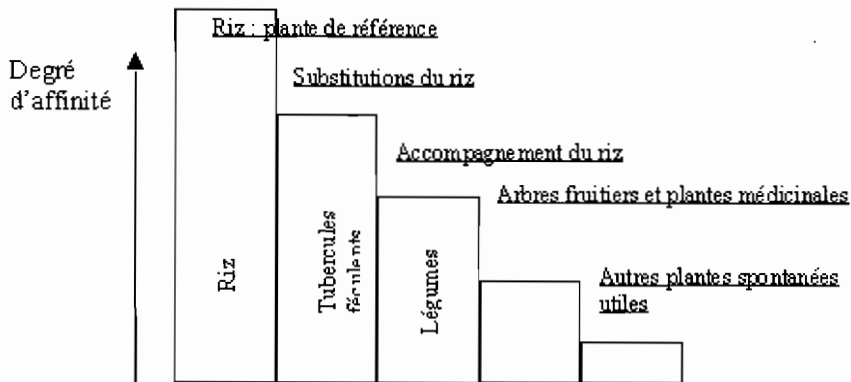


Figure 19. Hiérarchie des plantes utiles dans la pensée *betsileo*

• Le riz, plante de référence

C'est la première catégorie dans la relation homme-plante. Les connaissances sur le riz sont largement supérieures à celles sur les autres plantes. A la question des cultures désirées être accrues, les réponses sont constantes : le riz. Le riz récolté a plusieurs destinations. Aliment indispensable, d'abord. La vraie nourriture c'est le riz, " *un repas sans riz est un repas de rien* ", " *le seul aliment qui peut rassasier* ". Pendant la période qui suit la récolte, on consomme du riz trois fois par jour, en de grandes quantités. Pendant la période de soudure " *avaratana* " (octobre-janvier), qui est aussi une période de travail agricole intense, les paysans en mangent au moins une fois par jour, généralement le soir. Les autres aliments sont utilisés soit pour se substituer au riz soit pour accompagner le riz.

Ensuite, le riz est monnaie, permet l'échange de travail et l'observation des coutumes. C'est la monnaie d'échange la plus courante, avant l'argent. Au marché hebdomadaire, chaque paysan en apporte (2 à 25 kg) et le vend aux collecteurs de produits agricoles pour pouvoir s'approvisionner en produits de première nécessité. La vente du riz se fait petit à petit tout au long de l'année. On paie en riz les instituteurs des écoles privées. Cependant il ne s'agit pas d'un véritable troc, car la conversion en valeur monétaire est toujours effectuée au préalable.

Le riz joue un rôle important lors des cérémonies de circoncision en hiver. Les invités apportent en plus d'une somme symbolique d'argent, quelques kilogrammes de riz paddy ou décortiqué. La quantité varie suivant la situation et la proximité des familles. A défaut d'en avoir en réserve, on doit en acheter.

Le riz sert à l'échange de travail. Il n'existe pas de travail salarié sans préparation d'un repas de riz en plus du salaire. Lorsqu'une exploitation fait appel à une entraide *vali-tanana*, elle doit servir du riz. Au

moment de la récolte, les exploitations qui ont beaucoup de rizières font alors appel aux villageois. Le travail accompli, une gerbe de riz est donnée à chacun.

• Substituts du riz

Le terme *vizao* en Betsileo désigne les tubercules : manioc, patate douce, et taro. Ces plantes jouent un rôle de substitution pendant la période de soudure. " *Les tubercules ne marquent pas des buts comme le riz mais ils sont indispensables pour ne pas être battus*". C'est pourquoi personne n'aurait l'idée de ne faire " que du riz ". Chaque paysan établit une stratégie pour que des aliments féculents soient disponibles tout au long de l'année. Le Tableau 14 représente la répartition de la consommation des tubercules par un ménage peu aisé à Ambendrana.

Tableau 14. Calendrier de la consommation en féculents chez un ménage peu aisé

Principal aliment consommé	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Riz												
Taro												
Patate douce												
Manioc												

Comme les techniques de conservation de ces différents tubercules sont peu développées, la consommation doit suivre la récolte. Le manioc assure la substitution pendant la période de travail intense (octobre, novembre, décembre). La longueur de chaque période varie suivant la situation de ménage mais l'ordre de succession reste inchangé.

Le manioc tient donc la première place parmi les substituts au riz. Pour les paysans, le manioc est facile à cultiver : sa culture ne demande que très peu de travail. A Amindrabe (anciens sols forestiers) la culture de manioc se fait sans labour. Dans les autres sites, on fait un labour, une plantation, un sarclage éventuel par an et une récolte. Le manioc est résistant, rustique et se développe sur sols pauvres. Dans la région, les paysans ne mettent jamais d'engrais dans les champs de manioc, et ils ne veulent pas le cultiver sur des sols riches, où il fait trop de feuilles, sols qu'ils réservent à d'autres spéculations plus exigeantes (haricot, maïs). Le manioc peut enfin rester longtemps sous terre sans se détériorer : les tubercules constituent une réserve de nourriture permanente tout au long de l'année. Les paysans ne récoltent le manioc que quelques heures avant la cuisson, et on ne prend que la quantité à cuire (3 ou 4 pieds). Cette propriété le différencie des autres tubercules telles que les patates ou les taros qui doivent être récoltés rapidement après la maturation des tubercules.

Dans la région, seul le manioc présente une aptitude à la transformation, c'est-à-dire la conservation sous forme de manioc sec, essentiellement dans l'Ouest (moindre teneur en eau, meilleur ensoleillement).

• Accompagnements du riz

Le terme *traka* en Betsileo fait référence aux autres aliments ou accompagnements du riz. Il s'agit de haricot, du pois de terre, de l'arachide, de la pomme de terre, des brèdes, de la patate douce, du taro, et aussi des cultures maraîchères telles que le chou, le petit pois... Ces plantes sont cultivées en superficie limitée. Le contexte à Ambalamarina est un peu différent, le marché étant proche et actif, la production de haricots est plus orientée vers le marché. Par contre, le temps consacré à ces cultures par les femmes n'est pas négligeable.

• Arbres fruitiers, plantes médicinales et plantes spontanées utiles

Les arbres fruitiers et les plantes médicinales sont cultivés seulement en quelques pieds sur *vodivala* ou sur les *tambina*. Les besoins sont peu importants. Les dépenses effectuées sont secondaires. Parmi les plantes spontanées, figurent de nombreuses espèces utiles y compris en savane. Leur importance dépend du degré de spécialisation des villageois : *ombiasy* (guérisseurs), artisans (menuisiers, vannerie), bergers...

Discussion et conclusion

Composition de l'agrodiversité

La méthode suivie emprunte aux méthodes des enquêtes agronomiques et ethnobotaniques. Les résultats ont été obtenus à partir de la seule perception paysanne de la diversité des plantes. Cette perception explique les choix des paysans mais reste insuffisante pour évaluer la diversité : des informations sur les distances génétiques entre variétés et sur les comportements agronomiques et propriétés organoleptiques l'amélioreraient.

A l'échelle régionale, la diversité variétale pourrait avoir un lien avec l'importance d'une espèce, mais pas seulement. La patate douce, culture d'importance moyenne, pourrait être la plus diversifiée car elle est facile à multiplier par bouturage de fragments de lianes, et cultivée par les femmes, peut être plus sensibles aux paramètres liés à la culture et aux modes de préparation alimentaire.

Ce sont surtout les contraintes climatiques ou biologiques plus fortes aux marges du pays qui expliquent les principales variations régionales de cette agro-diversité. Au sein des villages, seuls certains paysans disposent des terrains et des moyens convenant à telle variété ou espèce. Le nombre de variétés au sein d'un village est cependant élevé alors qu'un paysan individuel n'a besoin que de plusieurs de ces variétés pour remplir ses objectifs et s'adapter à ses contraintes propres. Il existe donc des redondances. Celles-ci ne sont pas inutiles car elles permettent d'abord à l'exploitation individuelle de s'adapter au cours de son cycle de vie en adoptant, développant ou écartant telle ou telle espèce ou variété de son " répertoire ". Elles permettent aussi un choix de matériel végétal pour d'autres critères qu'agronomiques ou économiques (goûts individuels par exemple), permettant éventuellement de se démarquer un peu des autres dans une société villageoise où la hiérarchie et les techniques étant figées par la tradition, l'expression de l'individualité se réalise à la marge, sur les détails. Elles représentent enfin une assurance si une variété rencontre un problème : les variétés déficientes sont faciles à remplacer. Le rôle joué par l'agrodiversité comme facteur de stabilité a été confirmé. Dans des conditions socioéconomiques (forte population) et environnementales difficiles (sols pauvres), l'agro-diversité constitue ainsi un mode de gestion des risques mais aussi un facteur d'optimisation de l'exploitation des potentialités de l'écosystème et du marché, et d'adaptation à la diversité des cas individuels.

Dynamique de l'agrodiversité

Cette surabondance variétale et spécifique est permise par l'intense circulation des informations et du matériel génétique dans la région. Cette dynamique des ressources génétiques en milieu rural tropical a été déjà mentionnée par Vernooy (2003) et Bethaud (1997). La diversité variétale est toujours en mouvement.

Dans le cas du pays Betsileo, la part ancienne de l'agro-diversité ne semble pas autant menacée qu'ailleurs puisque les variétés introduites n'ont pas éliminé les variétés locales, cultivées soit pour produire (riz), soit comme collections ou comme résidus (manioc). Les variétés introduites sont souvent testées mais ne sont pas toujours adoptées définitivement. Ce cas a été vérifié à Ambalamarina où les paysans, après avoir adopté massivement la variété améliorée X265 pendant trois ans, reviennent aux variétés traditionnelles. Au contraire, en pays Tanala (en dehors de notre transect) où la riziculture irriguée est plus récente, la variété X265 introduite lors des programmes d'accompagnement de la conservation de la biodiversité, a détrôné rapidement les variétés antérieures de riz primeur (Serpantié, non pub.). L'ancienneté de l'agriculture du centre betsileo serait donc un gage de conservation sans pour autant être imperméable à l'innovation. Si on ne peut pas conserver

facilement partout la diversité biologique agricole, en revanche, on peut conserver les processus créateurs cette diversité, pour autant que cela ne limite pas le développement de la production à laquelle les paysans aspirent. Parmi ces processus figure la structure de l'agro-diversité, qui hiérarchise les plantes et donc justifie la coexistence de plantes cultivées dans une même région. Sur ce plan, la structure betsileo est particulièrement complexe, d'où une richesse et une stabilité en espèces et variétés.

Mais cette structure, si elle profite à l'agrodiversité, peut aussi avoir de réels inconvénients par ailleurs, en accordant une place essentielle à une plante : le riz. Les Betsileo sont généralement perçus comme des riziculteurs. Nos données démontrent qu'ils sont de fait polyculteurs-éleveurs, par nécessité, tout en étant " riziculteurs dans l'âme ". Il faut composer avec cette double définition. D'ailleurs, l'importance alimentaire du riz et son idéalisation serait relativement récente. Le riz était un aliment précieux à l'égal de la viande il y a deux siècles. Au 18^{ème} siècle, dans le royaume d'Isandra, " ils épargnaient même le riz qu'ils cultivaient dans le but d'acheter des bœufs et se contentaient ordinairement de manioc, de patates et de taro " (Dubois, 1938) (cf. chap. 5). Chez les Merina, le roi Andrianampoinimerina (1789 -1810) insistait sur l'utilité des " aliments noirs " (manioc, patate douce...) compléments du riz appelé à cette époque " aliments blancs " (Callet, 1908). Un de ses kabary dit : " Je considérerai comme ayant rendu des services, les hommes qui récolteront beaucoup de riz, beaucoup de manioc et tous les aliments noirs en plus des blancs, car les aliments noirs sont le complément du riz et, si l'on a beaucoup de riz sans avoir des aliments noirs, c'est comme si l'on manquait d'aliments ". La crise actuelle dans le paysannat malgache, ainsi que la crise forestière s'expliquent pour partie par le système de représentation actuel qui place le riz sur un piédestal, alors qu'il n'en a pas toujours été ainsi, où le politique encourageait à produire et consommer aussi des tubercules. La production de tubercules (manioc, pomme de terre, patate) sur tanety de savane et en basse altitude pourrait être améliorée plus facilement que celle du riz, au vu des terres disponibles, des rendements bas actuels (manioc : 5 à 10 t/ha, Serpantié non pub.), des recherches récentes sur la fertilisation organique (AHI) et sur le manioc sous couverture de *Brachiaria* par exemple (Husson, com.pers.). La revalorisation des tubercules pourrait passer par la voie culinaire (et donc par les femmes) et par la promotion de productions alimentaires d'accompagnement (oléagineux, tomate, protéines) mais aussi devrait être soutenue par le politique.

Chapitre 8

Hétérogénéité des paysages, dispersion des graines et biodiversité : le cas du terroir d'Ambendrana

Carrière S., Roche Ph., Viano M., Iflicène E., Picot Manuel M. & Taton Th.

Résumé : Dans la région nord-ouest du couloir RA, en pays betsileo, coexistent des paysages variés. Ces paysages agricoles de lisière forestière sont de plus très hétérogènes : plus de 15 habitats écologiques y ont été recensés des formations herbacées de type pseudo steppiques aux forêts matures en passant par les recrûs post-agricoles d'âges divers, les cultures et les vergers. Une analyse diachronique de l'évolution du paysage entre 1954, 1991 et 2004 montre une série de changements : (1) diminution des espaces herbeux dévolus au pastoralisme en relation avec la diminution des feux, (2) fragmentation des blocs forestiers avec l'octroi de périmètres de cultures, (3) morcellement du parcellaire avec la mise en cultures des versants, (4) augmentation des surfaces occupées par les rizières et enfin (5) augmentation des recrûs forestiers post agricoles ou post-exploitation forestière. On assiste à une forte hétérogénéisation du paysage qui pourrait être bénéfique au maintien de la biodiversité dans les zones de lisière. Les arbres hors forêts (arbres épargnés, isolés, plantés, haies, jachères, lambeaux forestiers, micro forêts d'eucalyptus...) sont nombreux, divers et participent pleinement à l'hétérogénéité de ce paysage complexe. Ces parties boisées des terroirs montrent également que les nombreuses pratiques symboliques et sociales (lambeaux de forêts autour des tombeaux) marquent fortement ces paysages. Les observations ornithologiques ont révélé que la faune frugivore sort de la forêt du corridor pour se nourrir, se déplacer dans les zones cultivées, qu'elle y disperse des graines au bénéfice de la régénération forestière dans les terroirs. Ces observations confortent l'hypothèse que l'hétérogénéité des paysages de lisière est favorable au maintien de la biodiversité endémique et forestière dans les paysages agri-forestiers qui, de ce fait, pourraient constituer des zones tampons pertinentes pour le futur "corridor" à protéger.

Introduction

Madagascar fait l'objet depuis 2003, d'un long processus qui vise à étendre la superficie des aires protégées, comme cela fut annoncé par Le Président M. Ravalomanana au cours du congrès mondial sur les parcs à Durban en 2003. Nombre d'ONGs de conservation de la nature se sont alors concertées avec les instances malgaches pour choisir les futurs sites de conservation. Pour parvenir aux 10% du territoire protégé, norme internationale (Blanc-Pamard *et al.*, 2005), il fallait alors établir le futur zonage des aires protégées sur la quasi-totalité des forêts du pays mais aussi élargir le processus aux zones lagunaires et récifales, elles aussi menacées (aires protégées marines). De ce fait, les actions de conservation se focalisent sur les seules forêts dites "primaires" (Cf. chap. 3) et les récifs coralliens, tous deux considérés comme les écosystèmes malgaches les plus riches en biodiversité.

Il est désormais admis qu'une stratégie de conservation uniquement basée sur la création d'aires protégées centrées sur les forêts "primaires", avec peu d'attention portée sur les espaces situés autour de celles-ci, serait vouée à l'échec. A Madagascar, la description des espèces et leur étude autoécologique, monopolise la plupart des chercheurs sur le territoire et peu de recherches et de connaissances sont disponibles sur les paysages ruraux aux marges des forêts, leur fonctionnement et leur apport en terme de biodiversité. Pourtant, plus de 80% du territoire est composé de paysages ruraux ou tout du moins transformés par l'homme (Dufils, 2003 ; Carrière & Randriambanona, 2007). Si l'on considère que la réussite des politiques environnementales est étroitement dépendante du développement des sociétés majoritairement rurales, il apparaît alors indispensable de se pencher sur la biodiversité qui peut exister et perdurer dans les agroécosystèmes proches des aires à protéger. Cette biodiversité présente clairement un intérêt écologique puisqu'elle entre en interaction avec les forêts

et les futures aires protégées mais aussi un intérêt économique à travers la valorisation dont elle peut faire l'objet par les populations rurales.

L'objectif de ce travail a été d'entamer une étude de la mosaïque paysagère et de son évolution sur un pas de temps d'un demi-siècle en lisière ouest du couloir Ranomafana-Andringitra, dans la commune d'Androy (Figure carnet central 22), en relation avec sa contribution aux processus écologiques tels que la dispersion des graines. Parallèlement à cela, les pratiques paysannes identifiées comme pouvant être bénéfiques au maintien de la biodiversité dans ces paysages agricoles ont été identifiées. Enfin, leur rôle potentiel sur la connectivité du paysage a été apprécié afin de voir si ces zones pourraient assurer un rôle de zone tampon pour améliorer l'efficacité de la future aire protégée.

Hypothèses et approche méthodologique

Les hypothèses qui ont structuré ces recherches, pionnières du genre dans cette région, ont été les suivantes : (1) La diversité des pratiques d'exploitation du milieu et les contraintes sociales, économiques et politiques contribuent à l'hétérogénéité du paysage agricole ; (2) L'hétérogénéité des paysages agricoles est favorable au maintien de processus écologiques tels que la dispersion des graines et à la biodiversité. Les questions qui en découlent sont les suivantes : Comment les dynamiques écologiques (dispersion/régénération) sont-elles influencées : (1) Par les pratiques paysannes liées aux modes d'exploitation du milieu (agriculture-élevage) ? (2) Par les pratiques qui relèvent du social ou du symbolique et qui marquent les paysages (arbres hors forêt) ?

Cette étude était centrée sur les dynamiques de successions végétales à plusieurs niveaux, comme l'étude de la dispersion des graines et l'étude de la régénération post-culturelle dans les jachères (formations forestières et herbacées). Pour ces caractérisations du milieu et des pratiques, ce travail a été structuré par la reconnaissance de la nature fondamentalement hétérogène du paysage, au niveau des habitats, mais également des usages. C'est ainsi que chaque habitat identifié à l'échelle terroir a fait l'objet d'une étude de caractérisation écologique, mais également d'un inventaire des pratiques (agricole, social ou symbolique) susceptibles de marquer le paysage.

Une approche écologique et ethnobotanique a été adoptée selon différentes échelles d'espaces et de temps, suivant une analyse à la fois diachronique (pour le paysage) et synchronique (pour les parcelles) pour aborder la dynamique de succession.

Les méthodes et outils ont été empruntés à diverses disciplines telles que l'écologie végétale, l'écologie du paysage, l'éthologie avienne, l'ethnobotanique et l'ethnoécologie. Ce chapitre intègre les résultats de plusieurs opérations de recherches qui ont donné lieu à des publications et à d'autres chapitres de cet ouvrage (Cf. chaps. 9 et 13).

Aux abords du couloir forestier RA, se trouvent des paysages complexes (Planche photographique 2) alliant, la riziculture de bas fond et l'agriculture sur abattis-brûlis sur les collines aux marges des forêts pratiquées par les paysans betsileo, des reboisements de pins, des plantations villageoises d'eucalyptus (Carrière & Randriambanona, 2007) mais également des friches, jachères, des lambeaux forestiers, des vergers et de nombreux arbres isolés dominés par différentes espèces de *Ficus*.

Dynamique du paysage en lisière ouest du couloir RA (1954 à 2004) (Ifiticène, 2005 ; Carrière *et al.*, 2005)

Au niveau du paysage, cette zone apparaît très hétérogène. Les types physionomiques de végétation ont été identifiés suite à une première reconnaissance sur le terrain :

1. Forêt mature : formations secondaires de plus de 25 ans et forêt dite " primaire " (pour plus de détail voir chap. 3 de cet ouvrage).

Lowry *et al.* (1997) considèrent qu'il n'y a plus de forêts primaires au sens strict à Madagascar et que les forêts restantes aujourd'hui ne sont en fait que des forêts secondaires matures plus ou moins perturbées. La forêt mature du corridor où s'établissent parfois les champs de culture sur brûlis, se caractérise par une strate haute de 20-25 mètres de haut (Planche photographique 2). Cette formation est d'une grande richesse spécifique, parmi les genres les plus représentées, on trouve : *Weinmannia* spp. (Cunoniaceae), *Tambourissa* spp. (Monimiaceae), *Dodonaea viscosa* (Sapindaceae), *Halleria ligustrifolia* (Scrophulariaceae), et *Aphloia theiformis* (Aphloiaceae) (Goodman & Razafindratsita, 2001) ainsi que des épiphytes et des lianes. Plusieurs de ces espèces s'établissent dans les formations secondaires âgées. La distinction entre forêt mature et forêt secondaire âgée reste délicate sur les photos aériennes mais également sur le terrain car de nombreuses formations sont mixtes entre ces deux types de forêts (Goodman & Razafindratsita, 2001). C'est pourquoi la forêt mature et la forêt secondaire âgée de plus de 25 ans appartiennent à la même classe, bien que leur structure et richesse spécifique soient différentes.

2. Jachères, 3 stades différents : herbacés, arbustifs, arborés de moins de 25 ans.

La composition floristique et la richesse spécifique des jachères de cette zone diffèrent selon l'âge. La richesse spécifique augmente en fonction de l'âge de la jachère. Le recouvrement global et la présence d'espèces suivent une dynamique de régénération (Carrière *et al.*, 2005 ; Andrianotahiananahary, 2005 ; Randriamalala *et al.*, 2007) parfois affectée par les espèces invasives telles que *Psidium cattleianum* (Myrtaceae) qui deviennent dominantes dans les formations secondaires après abattage et brûlis. La dynamique de régénération suit une trajectoire différente (compositions, richesses, abondances différentes) selon l'état du sol, le nombre de cycles culturaux sur la parcelle, le type de culture et éventuellement la position de la parcelle dans le paysage (Carrière *et al.*, 2005 ; Randriamalala *et al.*, 2007).

3. Reboisements : pins, eucalyptus, acacia et recrûs sous reboisement.

Il existe dans la zone d'étude 6 types de forêts artificielles souvent associées aux espèces pionnières locales. Les plantations d'*Acacia dealbata* (Mimosaceae) ont été introduites par les colons dans les années 1920. Les plantations villageoises d'*Eucalyptus robusta* (Myrtaceae), ponctuent le paysage de micro-forêts sur les versants des collines ou *tanety* aux abords des villages essentiellement (Carrière & Randriambanona, 2007). Les plantations industrielles de *Pinus* spp. (Pinaceae), ont fait suite à des campagnes de reboisements pour alimenter des usines de pâtes à papier (Carrière & Randriambanona, 2007).

Les exploitations par les populations locales et les forestiers ainsi que les perturbations diverses ont favorisé la recolonisation du sous-bois. Les espèces indigènes et les espèces introduites reprennent petit-à-petit le dessus après perturbation au sein des reboisements pour former des recrûs sous *Acacia*, des recrûs sous *Pinus* spp. et des recrûs sous *Eucalyptus* spp.

4. Pseudo-steppes ou *tomboho*.

Couramment appelée savane herbeuse ou prairie (Coulaud, 1973), c'est une formation secondaire de type pseudo-steppique qui peut parfois évoluer en pseudo-climax sous l'influence répétée de l'action humaine (agriculture, labour et feux). Les parcelles sont couvertes d'espèces héliophiles et de Poaceae comme *Aristida similis* ou *kifafa*, les espèces introduites telles que *Hyparrhenia rufa* et *Imperata cylindrica* qui signent le processus de savanisation (Hallé, 1986). Dans les stades plus âgés (3 ans), la

brousse éricoïde se forme, dominée par des nanophanérophytes et des chaméphytes (*Erica* sp., Ericaceae ; *Helichrysum* sp., Asteraceae). Il semblerait qu'avec un arrêt de mise annuelle des feux, certaines pseudo-steppes proches des lisières suivent une dynamique de régénération avec retour des espèces ligneuses des stades arbustifs et arborés (Obs. Pers.).

5. Cultures : riziculture, cultures vivrières et brûlis.

6. Habitations.

Une quinzaine de catégorie d'habitats écologiques ont été répertoriés (Tableau 15) sur une surface d'environ 3300 ha.

Tableau 15. Liste des types de couverts, caractéristiques de la végétation et espèces dominantes

Type de milieu	Type de parcelle	Caractéristiques de végétation		Espèces dominantes
Fermé	Forêt mature	Formation secondaires > 25 ans et forêt mature Eucalyptus Acacia		<i>Eucalyptus</i> sp. - Myrtaceae <i>Acacia dealbata</i> - Mimosaceae
Fermé	Forêt artificielle ou reboisement	Pins Recrus sous pins et recrus sous eucalyptus		<i>Pinus</i> sp. Pinaceae <i>Pinus</i> sp., <i>Acacia dealbata</i> et/ou <i>Eucalyptus</i> sp. + espèces de jachère
Fermé (A)	Jachère	Jachère arborée	Formations secondaires matures +Espèces pionnières	<i>Halleria ligustrifolia</i> ou <i>Aphloia theiformis</i> et <i>Weinmannia bojeriana</i>
Fermé (A)		Jachère arbustive dense	Espèces pionnières Arbustes	<i>Solanum auriculatum</i> et <i>Trema orientalis</i>
Semi-ouvert		Jachère arbustive Clairsemée	Espèces pionnières Arbustes	<i>Ageratum conyzoides</i>
Ouvert		Jachère herbacée	Herbes lignifiées ou non	
Ouvert	Pseudo-steppe	Végétation de savane, parcelles non exploitées		
Semi-ouvert	Recrus+culture	Jachères et cultures	75% recrus+25% cultures	
Ouvert	Culture+recrus	Cultures avec quelques mises en jachère		75% cultures+ 25% recrus
Ouvert	Espaces cultivés	Rizières	Riz	
		Culture vivrières	Maïs, manioc, etc.	
		Brûlis	Abattage/brûlis	
Ouvert		Village		

Sur la base, d'une analyse diachronique, l'évolution de la surface occupée par chaque type d'habitat dans la zone d'étude a été appréciée. Pour cela des images aériennes, pour 1954 et 1991, et une image Spot 5 (4 canaux ; 10m) pour 2004, ont été analysées.

La structure paysagère en 1954 (Figure carnet central 23a), est constituée d'une mosaïque de parcelles de grandes tailles plus ou moins homogènes (400 parcelles d'une taille moyenne de 0.0276 km² ± 0.074). En 1991, la mosaïque paysagère apparaît plus complexe qu'en 1954 (Figure carnet central 23b). Les parcelles y sont de plus petite taille (827 parcelles d'une taille moyenne de 0.0134 km² ± 0.06) et le paysage est essentiellement ouvert et composé d'espaces cultivés (rizières, cultures vivrières). La structure du paysage en 2004 est plus complexe qu'aux dates précédentes (Figure carnet central 23c). C'est une mosaïque de petites parcelles très hétérogènes (966 parcelles d'une taille

moyenne de $0.0115 \text{ km}^2 \pm 0.023$). De nombreux types d'habitats tels que la forêt mature, les pseudo-steppes, les parcelles de reboisements sont fortement fragmentés par rapport aux dates précédentes. Au cours du temps, on observe que l'augmentation notable de l'hétérogénéité du paysage est liée à une augmentation de la complexité paysagère qui résulte de l'augmentation de la variété des habitats, ainsi qu'à une fragmentation du paysage qui induit un plus grand nombre de taches d'habitats. Ainsi, on peut clairement observer la transition d'un paysage dominé par les plantations forestières, les cultures et les pseudo-steppes associées au pastoralisme bovin en 1954, vers un paysage à mosaïque très fine résultants des mutations d'usages agricoles (réduction du pastoralisme, accroissement de la riziculture et des cultures temporaires) et des processus de recolonisation forestières qui induisent une diversité de stades de recrûs.

De nombreux facteurs sociaux, économiques et politiques imbriqués, sont susceptibles d'expliquer cette dynamique du paysage. Dans cette région la densité démographique a plus que triplé en 50 ans (Blanc-Pamard & Ralaivita, 2004 ; Gourou, 1967), entraînant une augmentation de l'occupation des bas-fonds et des pentes (Cf. chap. 6). De plus, les contraintes liées à l'évolution du marché des filières (vivrier, fruits, alcool, bois...), à l'accès à la terre, à l'allocation des périmètres de cultures, aux interdictions des feux et d'accès aux forêts dues aux mesures de conservation et l'insécurité (vols de bœufs) ont entraîné une diminution des cheptels et du pâturage en forêt et donc des feux, mais aussi des changements dans les stratégies des ménages (Cf. chap. 20). Enfin, les reboisements successifs ainsi que leur exploitation respective ont été à l'origine de perturbations favorisant l'installation d'espèces pionnières natives de Madagascar mais aussi d'espèces invasives (Cf. chap. 15).

L'hétérogénéité du paysage est liée à la complexité d'une mosaïque composée d'un grand nombre d'habitats. De plus, à une échelle plus fine, cette hétérogénéité existe également en grande partie grâce à l'abondance des arbres hors forêt (isolés, sous forme de haies ou de bosquets) qui ponctuent le paysage et dont les origines sociales, économiques et symboliques sont très variées.

Une grande diversité d'arbres hors forêts (Viano, 2004 ; Carrière *et al.*, 2006).

Contrairement aux idées les plus courantes, tous les arbres ne sont pas dans la forêt. Loin s'en faut. Les arbres hors forêt sont définis par la FAO (Bellefontaine *et al.*, 2001) comme étant les arbres qui se trouvent sur des terres n'appartenant pas à la catégorie des terres forestières (terres agricoles, prairies et pâturages, terres bâties et terres nues). Ces arbres peuvent se trouver sur des terres boisées d'une superficie inférieure à 0.5 ha. Enfin, ces arbres ont une hauteur à l'âge adulte d'au moins 5 m à maturité. Dans la zone d'étude, plusieurs facteurs influencent leur présence, par exemple : les aspects historiques et politiques ex (reboisements, ancien village), les croyances traditionnelles (force surnaturelle des arbres en relation avec les ancêtres et les *fady* ou interdits), la " magie " : force transmise aux arbres par un *ombiasy* ou guérisseur, le manque de temps pour le défrichage, le besoin de marqueurs fonciers, eucalyptus...

Ces arbres peuvent être soit plantés soit épargnés. Dans les sociétés betsileo, planter un arbre n'est pas un acte anodin, il revêt un caractère hautement symbolique et seuls les arbres utiles sont plantés. Ces arbres utiles peuvent servir de parafoudre, de protection ou conjurer du mauvais sort, produire des fruits comestibles ou être utilisés comme marqueurs foncier. Ces arbres peuvent également avoir été épargnés lors de l'abattage de la forêt dans la création d'un *tavy*. Ces arbres sont également utiles comme les *Anthocleista* spp. qui jouent un rôle de parafoudre dans les champs, les *Pandanus* spp., très utilisés dans la sparterie et la confection des nattes et enfin les plus abondant puisqu'ils représentent plus de 80% des arbres isolés les *Ficus* spp. Ces arbres symbolisent la place très importante que les betsileo accordent aux ancêtres. A travers le respect que les gens témoignent à ces arbres, on peut mesurer le respect voué aux ancêtres. Il n'est pas interdit de les couper, il n'y a pas

d'interdits ou *fady*, mais toutes sortes de repréailles peuvent aller à l'encontre de ceux qui les coupent (par exemple : tarir la lactation d'une femme en âge de procréer).

De même plusieurs types de bosquets ont été identifiés selon l'origine du terrain : les terres cultivées *tanimboly* (parcelles de jachères, bosquets d'eucalyptus, d'acacias et de pins) et les terres non cultivées *songon'ala* (litt. mèche de forêt), parmi lesquels, on peut trouver des lambeaux forestier qui n'ont jamais été défriché, forêts " primaires ", les sites d'anciennes maison *valamaty*, les sites d'anciens villages, *tanana haolo* entourés de nombreux *Ficus*, les lieux où l'on se doit de déposer les ustensiles utilisés pour laver et maquiller les morts *fanarinandra* et enfin les tombeaux *fasana*, entourés de lambeaux forestiers. Enfin dans la catégorie des arbres hors forêt, il existe différents types de haies dont les plus abondantes sont les haies vives *fahitra* ou *fefy* qui peuvent être plantées ou naturelles et qui servent de protection pour les cultures contre les prédateurs et les troupeaux de zébus. Ces haies vives constituent également une réserve sur pied de bois de chauffe.

Les arbres hors forêt sont très présents dans les paysages de la zone d'étude et contribuent à augmenter l'hétérogénéité de cette mosaïque de milieux ouverts et fermés d'origines sociale, culturelle et écologique très variées. Ces différents types d'habitats représentés par ces arbres ou bosquets sont des sites de prédilection pour la faune, les oiseaux disperseurs de graines en particulier, qui sont souvent réticents à traverser les espaces ouverts (Uhl *et al.*, 1988 ; Guévara & Laborde, 1993 ; Cardoso da Silva *et al.*, 1996). Attirés par ces arbres les animaux frugivores contribuent à disperser des graines d'espèces forestières à l'extérieur des forêts ce qui pourrait localement augmenter la biodiversité dans les recrûs post-cultureux (Carrière *et al.*, 2002a ; Carrière *et al.*, 2002b). C'est ce que nous avons voulu tester.

Importance des mouvements d'oiseaux entre terroirs et forêts (données non publiées ; Viano, 2004)

Près de 60 espèces d'oiseaux (Annexe I) ont été identifiées au cours de cette étude : 40 dans le terroir et 32 dans la mosaïque forestière du couloir, dont 14 espèces sont communes aux deux espaces (indice de similarité de Jaccard de 0.303). Parmi ces espèces, 16 d'entre-elles ne se trouvent que dans les forêts et 23 dans le terroir.

Les indices de diversité (Indices de Shannon Weaver et Indice d'équitabilité) sont plus élevés (Sh terroir = 3.02 ; Sh forêt = 2.66 ; Eq terroir = 0.81 ; Eq forêt = 0.76) dans le terroir que dans la forêt puisque cet espace cumule certaines espèces de forêts, les espèces d'espaces ouverts mais aussi les espèces ubiquistes. Les 3 espèces dominantes sont *N. souimanga*, *Z. maderaspatana*, *H. madagascariensis*. La majorité des oiseaux recensés ont un régime alimentaire mixte à base d'insectes (Annexe I). Parmi ces espèces 14 d'entre elles sont frugivores et contribuent donc à la dispersion des graines.

Au sein des fragments forestiers inclus dans le terroir, des oiseaux forestiers, ubiquistes et de milieux ouverts sont observés dans les mêmes proportions. Près de 87 % des effectifs d'espèces forestières sont présents dans les fragments forestiers tandis que deux espèces strictement forestières sont observées dans des lambeaux de forêt (*Cooua caerulea* et *Hypsipetes madagascariensis*). Ces observations montrent qu'une fraction des espèces du couloir forestier se retrouve dans l'espace agricole en particulier au sein des fragments forestiers. D'ailleurs, les espèces frugivores se retrouvent préférentiellement dans les arbres isolés, les jachères arborées, les lambeaux forestiers et bien sur dans la forêt (Figure carnet central 24).

L'observation des mouvements d'oiseaux entre les différentes parties du terroir a permis de déterminer des classes de distances parcourues les plus fréquemment observées (Figure 20).

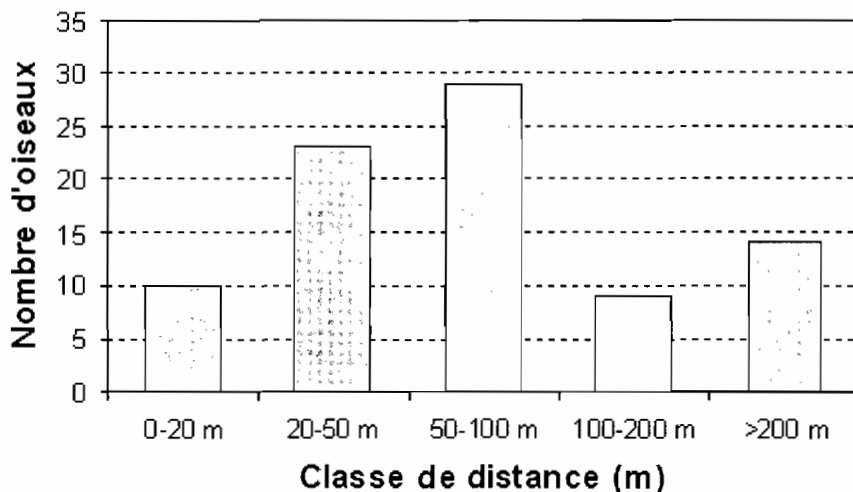


Figure 20. Nombre d'oiseaux observés par classes de distances entre deux habitats du paysage.

A partir de ces observations, les deux classes de distances de déplacements clés ont été définies : la médiane (90 m) et le 3^{ème} quartile (140 m). En appliquant à l'aide de zones tampon, ces classes de distances à la carte des éléments boisés (forêts, lambeaux, plantations, jachères arborées) fréquentés par les oiseaux, on obtient une vision simple de la connectivité potentielle par ornithochorie des éléments boisés au niveau du paysage (Figure carnet central 25) pour les trois dates.

A partir de ces cartes, on observe l'accroissement de la fragmentation du paysage. Malgré une réduction des surfaces forestières, une augmentation de la connectivité biologique par ornithochorie est apparue, ce qui contribue à l'augmentation du potentiel de dispersion des essences forestières zoochores au sein du terroir.

Discussion - Conclusion

La mosaïque paysagère est hétérogène et relativement complexe, composée d'un grand nombre d'habitats. Cette mosaïque, pour le modèle d'étude choisi ici est favorable à la diversité avienne qui compte un nombre d'espèces frugivores relativement important. D'autres résultats (données non publiées) montrent que les mouvements d'oiseaux dans ces terroirs contribuent à augmenter localement la pluie de graines sous les arbres isolés ainsi que la diversité végétale et plus particulièrement la diversité des espèces zoochores. Ces résultats signifient que la complexité de la mosaïque contribue aux mouvements d'espèces frugivores et que cela se traduit de plus par des flux d'espèces de la forêt vers les terroirs et vice versa. Or si la diversité végétale augmente dans les zones de jachères en lisière forestière, cela peut contribuer à limiter les effets de bordure. C'est un argument en faveur des paysages ruraux qui comme d'autres espaces productifs ne sont pas nécessairement synonyme de pauvreté en espèces mais qui au contraire peuvent constituer d'excellentes zones tampons entre les terroirs cultivées et exploités par les hommes et les futures aires protégées.

Dans ce contexte, il apparaît donc important de penser aux conditions du maintien d'un paysage hétérogène et d'une agriculture durable qui prend en compte des objectifs de maintien de la biodiversité parallèlement aux objectifs alimentaires aux abords des futurs sites de conservation tels que celui du couloir RA.

Un certain nombre de recommandations peuvent être émises pour contribuer au maintien de ces paysages hétérogènes :

- Favoriser la plantation et l'exploitation des ressources arborées (eucalyptus sous forme de petites plantations villageoises, arbres fruitiers, espèces médicinales) des jachères arborées, des lambeaux forestiers... ;
- Maintenir le marquage foncier *via* les arbres et les bosquets ;
- Conserver le système de haies vives contre la prédation par les zébus autour des champs ;
- Respecter et favoriser les actes symboliques et coutumes de préservation forestière (tombeaux, bosquets commémoratifs) et arborée (*Ficus*, *Anthocleista*, *Pandanus*...) ;
- Établir les conditions propices au maintien d'une proportion importante de jachères arborées ;
- Sensibiliser aux bienfaits (agroécologiques, économiques et social) de l'arbre dans les terroirs ;
- Sensibiliser au maintien des lambeaux forestiers ou plantations de bananiers en têtes de rizières ;
- Maintien des lambeaux (*songon'ala*) et des forêts sommitales de sites historiques (*tanana haolo*).

Ces recommandations constituent également des pistes de recherches à privilégier dans le cadre d'un accompagnement vers le maintien des paysages hétérogènes et diversifiés tels que ceux que l'on peut observer aujourd'hui en certains points de la lisière ouest du couloir RA.

Annexe I. Liste des espèces d'oiseaux recensées au cours de la période d'étude, avec leur type d'habitat et leur régime alimentaire (Viano, 2004 ; données non publiées ; Langrand, 1995).

Numéro d'espèce	Famille	Binôme	Nom vernaculaire	Type d'habitat	Alimentation
1	Accipitridae	<i>Anas melleri</i> Sclater	akaka	terroir et forêt	Granivore et végétaux aquatiques
2	Accipitridae	<i>Accipiter henstii</i> Schlegel	fandrasalambo	terroir et forêt	Carnivore
3	Accipitridae	<i>Buteo brachypterus</i> Hartlaub	hindry	terroir et forêt	Carnivore
4	Accipitridae	<i>Milvus migrans</i> Boddaert	papango	terroir et forêt	Carnivore et Insectivore
5	Alaudidae	<i>Mirafra hova</i> Hartlaub	sorohitra	milieux ouverts du terroir	Mixte (Granivore et Insectivore)
6	Alcedinidae	<i>Corythornis vintsioides</i> Eydoux & Gervais	vintsy	terroir et forêt	Carnivore et Insectivore
7	Apodidae	<i>Apus barbatus</i> Sclater	firirina	milieux ouverts du terroir	Insectivore
8	Ardeidae	<i>Ardea purpurea</i> Linné	dangoro	milieux ouverts du terroir	Carnivore
9	Ardeidae	<i>Ardeola ralloides</i> Scopoli	goaika	milieux ouverts du terroir	Carnivore et Insectivore
10	Ardeidae	<i>Nycticorax nycticorax</i> Linné	rahoaka	milieux ouverts du terroir	Carnivore et Insectivore
11	Ardeidae	<i>Egretta dimorpha</i> Hartert	vorompotsy	milieux ouverts du terroir	Carnivore et Insectivore
12	Campephagidae	<i>Coracina cinerea</i> Müller	kikiomavo	forêt	Insectivore
13	Charadriidae	<i>Charadrius tricollaris</i> Vieillot	fihidranompotsy	milieux ouverts du terroir	Invertébrés
14	Columbidae	<i>Streptopelia picturata</i> Temminck	domohina	terroir et forêt	Mixte (Granivore, Frugivore et Insectivore)
15	Columbidae	<i>Alectroenas madagascariensis</i> Linné	fono	milieux boisés de forêt et du terroir	Frugivore
16	Corvidae	<i>Corvus albus</i> Müller	gaga	milieux boisés de forêt et du terroir	Mixte (Granivore, Frugivore et Carnivore)
17	Cuculidae	<i>Coua reynaudii</i> Pucheran	taitoaka	forêt	Mixte (Granivore, Frugivore et Insectivore)
18	Cuculidae	<i>Coua caerulea</i> Linné	taitso	forêt	Mixte (Granivore, Frugivore, Insectivore et Carnivore)
19	Cuculidae	<i>Centropus toulou</i> Müller	toloho	milieux boisés de forêt et du terroir	Carnivore
20	Falconidae	<i>Falco eleonora</i> Gené	fandrasangara	terroir et forêt	Carnivore
21	Falconidae	<i>Falco newtonii</i> Gurney	hitsikistsika	terroir et forêt	Carnivore
22	Falconidae	<i>Falco peregrinus</i> Tunstall	fandraso	milieux ouverts du terroir	Carnivore
23	Hirundinidae	<i>Phedina borbonica</i> Gmelin	firirina	milieux ouverts du terroir	Insectivore
24	Leptosomatidae	<i>Leptosomus discolor</i> Hermann	vorondreo	terroir et forêt	Carnivore
25	Meropidae	<i>Merops superciliosus</i> Linné	kiririoka	terroir et forêt	Insectivore
26	Motacillidae	<i>Motacilla flaviventris</i> Hartlaub	triotrio	milieux ouverts du terroir	Insectivore
27	Muscicapidae	<i>Terpsiphone mutata</i> Linné	tsingetry	milieux boisés de forêt et du terroir	Insectivore
28	Nectariniidae	<i>Nectarinia souimanga</i> Gmelin	anjoy	milieux boisés de forêt	Insectivore et Nectarivore

Numéro d'espèce	Famille	Binôme	Nom vernaculaire	Type d'habitat	Alimentation
27	Muscicapidae	<i>Terpsiphone mutata</i> Linné	tsingetry	milieux boisés de forêt et du terroir	Insectivore
28	Nectariniidae	<i>Nectarinia souimanga</i> Gmelin	anjoy	milieux boisés de forêt	Insectivore et Nectarivore
29	Nectariniidae	<i>Nectarinia notata</i> Müller	soimanga	milieux boisés de forêt et du terroir	Insectivore et Nectarivore
30	Numididae	<i>Numida meleagris</i> Linné	akanga	milieux boisés de forêt et du terroir	Granivore et Invertébrés
31	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax africanus</i> Gmelin	vano	milieux ouverts du terroir	Piscivore
32	Phasiidae	<i>Margaroperdix madagascariensis</i> Scopoli	tsipoy	milieux boisés de forêt et du terroir	Mixte (Granivore, Frugivore et Insectivore)
33	Philepittidae	<i>Neodrepanis coruscans</i> Sharpe	soinala	forêt	Insectivore
34	Plocoidae	<i>Foudia madagascariensis</i> Linné	fody	milieux ouverts du terroir	Mixte (Granivore, Nectarivore et Insectivore)
35	Plocoidae	<i>Foudia omissa</i> Rothschild	fody'ala	forêt	Granivore
36	Plocoidae	<i>Lonchura nana</i> Pucheran	tsikirity	milieux ouverts du terroir	Granivore
37	Psittacidae	<i>Coracopsis nigra</i> Linné	matsiaka	forêt	Frugivore et Granivore
38	Pycnonotidae	<i>Phyllastrephus tenebrosus</i> Stresemann	farifotra	forêt	Inconnu
39	Pycnonotidae	<i>Phyllastrephus madagascariensis</i> Gmelin	toaiky	forêt	Insectivore
40	Pycnonotidae	<i>Hypsipetes madagascariensis</i> Müller	tsikarovana	milieux boisés de forêt et du terroir	Mixte (Frugivore et Insectivore)
41	Rallidae	<i>Sarothrura insularis</i> Sharpe	mpangalatrovy	terroir et forêt	Mixte (Granivore et Insectivore)
42	Scopidae	<i>Scopus umbretta</i> Gmelin	takatra	milieux ouverts du terroir	Carnivore
43	Sturnidae	<i>Acridotheres tristis</i> Linné	martaini	terroir et forêt	Insectivore
44	Sylviidae	<i>Nesillas typica</i> Hartlaub	andreta	terroir et forêt	Insectivore
45	Sylviidae	<i>Dromaeocercus brunneus</i> Sharpe	andreta'ala	forêt	Insectivore
46	Sylviidae	<i>Randia pseudozosterops</i> Delacour et Berlioz	randia	forêt	Inconnu
47	Sylviidae	<i>Cisticola cherina</i> Smith	kijoa	milieux ouverts du terroir	Insectivore
48	Sylviidae	<i>Neomixis striatigula</i> Sharpe	kimitsy	forêt	Insectivore
49	Sylviidae	<i>Neomixis viridis</i> Salomonsen	kimitsy	forêt	Inconnu
50	Sylviidae	<i>Neomixis tenella</i> Hartlaub	kimitsy kely	forêt	Insectivore
51	Sylviidae	<i>Newtonia brunneicauda</i> Newton	tretrete	forêt	Insectivore
52	Turdidae	<i>Saxicola torquata</i> Linné	fitatra	milieux ouverts du terroir	Insectivore
53	Turdidae	<i>Copsychus albospectularis</i> Eydoux & Gervais	fitatra'ala	terroir et forêt	Mixte (Insectivore et Frugivore)
54	Turnicidae	<i>Turnix nigricollis</i> Gmelin	kibobo	terroir et forêt	Mixte (Insectivore et Frugivore)
55	Upupidae	<i>Upupa epops</i> Linné	tagodara	milieux boisés de forêt et du terroir	Insectivore
56	Vangidae	<i>Cyanolanius madagascarinus</i> Linné	pasasatrala	forêt	Insectivore et nourriture végétale
57	Vangidae	<i>Tylas eduardi</i> Hartlaub	bokasavona	forêt	Insectivore
58	Vangidae	<i>Leptopterus chabert</i> Müller	vanga	milieux boisés de forêt et du terroir	Mixte (Insectivore et Frugivore)
59	Vangidae	<i>Calicalicus madagascariensis</i> Linné	vanga	forêt	Insectivore
60	Zosteropidae	<i>Zosterops maderaspatana</i>	kalafotsy maso	milieux boisés de forêt et du terroir	Mixte (Frugivore, Nectarivore et Insectivore)

Chapitre 9

Influence des pratiques agricoles sur les successions végétales en lisière ouest du couloir RA

Randriamalala R.J., Serpantié G. & Carrière S.

Résumé : Ce travail concerne les dynamiques de successions végétales en lisière ouest du couloir RA. Les objectifs sont de : (1) caractériser ces successions végétales dans des milieux d'origine forestière soumis à des cultures temporaires et (2) d'identifier les facteurs déterminants dans les évolutions constatées. Pour ce faire, une approche synchronique consistant à observer des jachères d'historiques différents a été adoptée. Quarante quatre parcelles ont été choisies. Un relevé floristique précédé d'une recherche d'aire minimale a été effectué sur chacune d'elles. Des enquêtes sur les historiques des parcelles ont également été réalisées auprès des propriétaires. Il ressort de cette étude que : (1) les évolutions de la végétation consécutives au premier défrichement sont de types progressifs (du stade arbustif au stade arboré) si les perturbations liées à la mise en culture de la parcelle considérée sont faibles (IUA < 0,2 ; Age jachère > 12 ans ; absence de labour) ou régressifs pouvant aboutir à une formation herbacée paucispécifique localement appelée *kilanjy*. (2) Les facteurs déterminants des successions végétales et des dynamiques de la végétation sont : l'intensité de remaniement du sol, l'âge de la jachère et l'IUA. En particulier, on a constaté une dépendance négative entre le labour (généralement associé à une longue période cumulée de culture) et la présence d'espèces zoochores.

Mots-clés : jachère, successions végétales, dynamiques de la végétation, pratiques agricoles, corridor forestier, Haute-Terre, Madagascar.

Introduction

Dans le monde tropical, la conversion des forêts "primaires" en formations secondaires s'accélère. A Madagascar, les acteurs de la conservation se focalisent sur les forêts matures riches en biodiversité car elles sont souvent menacées de déforestation, notamment par la pratique du *tavy* mais aussi car les formations secondaires sont réputées être beaucoup plus pauvres en espèces que les forêts matures (Lowry *et al.*, 1997). Cependant, l'importance des forêts secondaires se révèle petit-à-petit (ORSTOM-UNESCO, 1983 ; OIBT, 2003). En effet, les potentiels biologiques (régénération forestière, biodiversité des agro-systèmes, Carrière *et al.*, 2002a et b) et économique (valorisation des plantes utiles, espace de production, Grenand, 1992 ; Dounias 1996 ; Carrière *et al.*, 2005) demeurent importants. Les forêts secondaires restent mal connues, en particulier les successions végétales liées aux pratiques de l'agriculture sur brûlis.

Les études sur les successions végétales consécutives à l'agriculture temporaire, au niveau international (Awetto, 1981 ; Stromgaard, 1986 ; Mitja & Hladik, 1989 ; Mitja & Puig, 1993 ; Carrière *et al.*, 2002a et b ; Toledo & Salik, 2006) et à Madagascar (Razafimamonjy, 1987 ; Rasolofoharino *et al.*, 1997 ; Razanadravao, 1997 ; Pfund, 2000) insistent sur la description physionomique et floristique des différents stades de la succession.

Les modes de défrichement (Mitja & Puig, 1993) et de préparation du sol et la durée cumulée des périodes de culture (De Rouw, 1991), les pratiques de coupes sélectives (Mitja & Hladik, 1989 ; Carrière *et al.*, 2002a et b) sont les principaux facteurs qui influencent les successions végétales dans les milieux provenant d'activités agricoles. L'environnement immédiat joue également un rôle prépondérant sur la vitesse de la reconstitution de la végétation en particulier la proximité aux sources de graines (Mitja & Hladik, 1989).

A Madagascar, rares sont les études qui prennent en compte les détails du passé culturel (Pfund, 2000 ; Styger *et al.*, 2006) et des facteurs écologiques liés à la station (Pfund, 2000). Ces auteurs ont cependant montré que les brûlis répétés réduisent sensiblement la capacité de reprise et de croissance de la végétation. Dans tous les cas on observe à l'échelle parcelle un appauvrissement en espèces et une simplification de la structure des formations végétales secondaires par rapport aux forêts matures même après une vingtaine d'années de jachère.

La présente étude concerne les successions végétales en lisière ouest du couloir RA. Les objectifs sont de : (1) caractériser les successions végétales secondaires dans des jachères d'origine forestière ayant fait l'objet de cultures temporaires et (2) d'identifier les facteurs déterminants dans les évolutions de la végétation. L'hypothèse de travail adoptée est que les effets des pratiques culturelles sur les successions végétales, sont supérieurs à ceux du milieu physique. En effet, les résultats préliminaires de Randriamalala *et al.* (2007), suggèrent entre autre un milieu édaphique peu hétérogène au regard de la variété d'historiques des parcelles.

Site d'étude

Le site d'étude se trouve au Centre-Est des Hautes-Terres malgaches dans le terroir villageois d'Ambendrana (province de Fianarantsoa, commune d'Androy, 21 22'46''S ; 47 18'34''E ; Figure carnet central 22) en lisière nord-ouest du couloir RA. Le climat, le milieu physique et le milieu humain sont décrits dans les chapitres 2 et 3. La végétation naturelle est une forêt dense ombrophile de moyenne altitude caractérisée par la série à *Weinmannia* sp. (Cunoniaceae) et à *Tambourissa* sp. (Monimiaceae) (Koechlin *et al.* 1974 ; Goodman & Razafindratsita, 2001).

Matériel et méthodes

Une approche synchronique, c'est-à-dire l'observation de jachères d'âges et de physionomies différents, a été adoptée. Il en résulte un choix de 44 parcelles dont 14 ont été étudiées en 2003 et 30 en 2006. Les paramètres liés à chaque station tels que : l'altitude (Alt), la pente (Pte), la position topographique (Pos topo) et l'exposition (Exp) ont aussi été notés.

Enquêtes sur les pratiques et les historiques cultureux

Les propriétaires des parcelles d'étude ont été enquêtés. Les questions étaient relatives à (1) la durée écoulée depuis le premier défrichement (1^{er} Déf), (2) l'âge de la jachère (Age jach), (3) l'intensité d'usage agricole (IUA) qui est le rapport du temps de culture sur la durée totale d'exploitation, jachère comprise (Serpantié, 2003) et (4) l'intensité de remaniement du sol (I de rem) divisée en 3 classes : (a) faible, semis direct ; (b) moyennement fort, *kobokaka* (préparation du sol localisé consistant à l'ameublir sans retourner les mottes), (c) fort, labour. Une Analyse en Composantes Principales (ACP) couplée à une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH), avec une distance euclidienne et une agrégation à lien complet, a été utilisée pour mettre en évidence les principaux types d'historiques des parcelles.

Etudes de la végétation

Elles ont débuté avec la recherche d'une aire minimale (AM) à l'intérieur d'une zone homogène (physionomie et topographie), en se basant sur le principe du doublement de la surface de relevé (Gounot, 1969). Les paramètres de relevé, mesurés à l'intérieur de l'AM ont permis le calcul de (1) la richesse spécifique (S), le nombre d'espèces à l'intérieur de l'AM, (2) la densité des ligneux de plus de 1,30 m rapportée à l'hectare (D), (3) le pourcentage des espèces annuelles (%Ann.), (4) la proportion

d'espèces zoochores (%Zoo), (5) la hauteur maximale (Hm), (6) la proportion d'individus issus de rejets de souche (%Rs), (7) l'indice de régularité (R)²⁹ qui indique la façon plus ou moins égale ou inégale selon laquelle les individus, pour un nombre d'espèces donné, se répartissent entre celles-ci (Frontier & Pichod Viale 1998) et (8) la fréquence spécifique (Fi)³⁰ qui est, dans une parcelle de relevé, le rapport entre le nombre de carrés où l'espèce est présente et le nombre total de carrés.

Une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) sur le tableau (relevés x espèces) a été effectuée pour mettre en évidence les variations de la composition floristique. Elle concerne les espèces de fréquence spécifique au moins égale à 40%. Au final on a 44 relevés x 145 espèces.

Des analyses de variances (ANOVA) avec des tests de Tukey ont été utilisés pour apprécier les différences entre les valeurs de S et Hm tandis que des tests non paramétriques de Kruskal-Wallis l'ont été pour D, R, %Zoo, %Ann et %Rs. Le risque d'erreur accepté est : $\alpha < 0,05$.

Les orthographes des noms latins des espèces végétales mentionnées dans ce travail sont celles de la base de la base de données TROPICOS du MBG (mobot.mobot.org/W3T/search/).

Identification des descripteurs efficaces et des espèces indicatrices

Un codage des descripteurs du milieu a d'abord été effectué³¹.

L'entropie espèce (E_{sp}), qui indique la quantité d'information apportée par une espèce i , a ensuite été calculée (Daget & Godron, 1982)³². Une faible valeur de E_{sp} indique qu'on est en présence d'espèce rare ($p_i \sim 0$), ou présente dans tous les relevés ($p_i \sim 1$).

L'entropie descripteur (E_F)³³, qui indique la quantité d'information apportée par un descripteur F , a également été calculée (Daget & Godron, 1982). Une forte entropie descripteur signifie une répartition équitable des relevés à l'intérieur des différentes classes du descripteur F , autrement dit que les valeurs q_i sont égales.

Enfin, l'information mutuelle entre une espèce et un descripteur ($I(sp; F)$)³⁴, qui permet d'identifier les espèces les plus liées aux différents états du descripteur (Legendre & Legendre, 1984), appelées espèces indicatrices par rapport au descripteur considéré, a été calculée (Daget & Godron, 1982). Une espèce est considérée comme indicatrice par rapport à un descripteur si la valeur $I(sp; F)$ est élevée et à condition que l'espèce le soit assez (dans notre cas $E_{sp} > 0,6$, ce qui équivaut à au moins une présence dans 7 relevés sur 44).

Un descripteur efficace par rapport à une espèce est celui qui accumule des valeurs élevées de E_F et de $I(sp; F)$.

²⁹ $R = -\sum (n_i/N) \log_2(n_i/N) / \sum (n_i/S) \log_2 S$, avec, n_i l'abondance de l'espèce i et $N = \sum n_i$ ($i = 1$ à S) l'abondance totale

³⁰ $F_i = (\text{Nbr de carrés où l'espèce est présente}) \times 100 / (\text{Nbr total de carrés})$

³¹ (1) Durée depuis le premier défrichement : 1= ≤ 10 ans, 2=12 à 20 ans, 3= ≥ 21 ans ; (2) Âge de la jachère : 1= ≤ 6 ans, 2=7 à 12 ans, 3=14 à 23 ans ; (3) Intensité d'Usage Agricole : 1= $\leq 0,20$, 2=0,21 à 0,40, 3= $\geq 0,50$; (4) Intensité de remaniement du sol : 1=1, 2=2, 3=3 ; (5) Altitude : 1= ≤ 1149 m, 2= ≥ 1150 m ; (6) Pente (Pte) : 1=faible ($< 20^\circ$), 2=forte (21 à 30°), 3=très forte ($> 30^\circ$) ; (7) Exposition (Exp.) : 1=mal exposé au soleil (S), 2=bien exposé (N et autres expositions) ; (8) Position topographique : 1= Bas-Versant, 2= Haut-Versant et Sommet.

³² $E_{sp} = -p_i \log_2 p_i - a_i \log_2 a_i$, avec, p_i le taux de présence de l'espèce i et a_i le taux d'absence ($p_i + a_i = 1$).

³³ $E_F = -\sum q_i \log_2 q_i$ ($i=1$ à m), avec, q_i la proportion de relevés dans la classe i et m le nombre de classes.

³⁴ $I(sp, F) = (1/(U+V)) [\sum u_i \log_2((u_i/r_i)/((U+V)/U)) + \sum v_i \log_2((v_i/r_i)/((U+V)/V))]$ ($i = 1$ à n), avec U le nombre de relevés où l'espèce est présente, V le nombre de relevés où l'espèce est absente, u_i le nombre de relevés de la classe i où l'espèce est présente, v_i le nombre de relevés de la classe i où l'espèce est absente, n le nombre de classes du descripteur et i représente les différentes classes du descripteur.

Résultats

Des pratiques culturelles et historiques diversifiées

Le premier défrichement consiste à couper tous les arbres et arbustes d'une parcelle, à les laisser sécher pendant une période d'une semaine à trois mois, selon les conditions climatiques et le volume de la biomasse végétale à brûler. Les souches des grands arbres sont laissées sur place et lors des cultures successives, seules les souches mortes en décomposition font l'objet de dessouchage. Les cultures associées de haricot et de maïs initient le plus souvent l'exploitation d'une parcelle nouvellement défrichée. Ce n'est qu'après 2 à 6 années de cultures entrecoupées d'une à 3 années de jachère que le manioc, la patate douce, l'arachide et le pois de terre sont plantés. Cependant, il arrive qu'une parcelle récemment défrichée soit immédiatement cultivée avec du manioc et du maïs quand elle se trouve en haut de versant, car le microclimat sec est défavorable au haricot.

Cinq groupes d'historiques sont identifiés (Figure 21) : (1) vieilles jachères faiblement exploitées (G5 ; 15 ans ; IUA ~ 0,12) ; (2) vieilles jachères moyennement exploitées (G4 ; 18 ans, IUA ~ 0,22) ; (3) jachères d'âges moyens faiblement exploitées (G1 ; 6 ans, IUA ~ 0,34) ; (4) jachères d'âge moyen, fortement exploitées, n'ayant jamais été labourées (G3 ; 12 ans, IUA ~ 0,5) et (5) jeunes jachères fortement exploitées (G2 ; 5 ans ; IUA ~ 0,59).

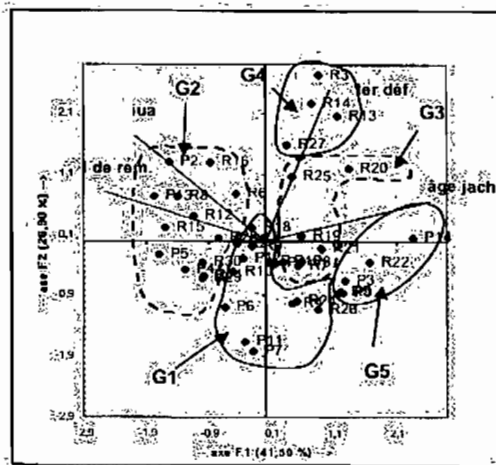


Figure 21. Projection des parcelles d'étude et des 4 paramètres cultureux sur le premier plan factoriel d'une ACP.

L'âge de la jachère s'oppose à l'intensité d'usage agricole (IUA) et à l'intensité de remaniement du sol (i de rem.) qui sont dépendantes (Figure 21). Les jachères âgées (G5) sont faiblement exploitées tandis que les plus jeunes (G2 et G1) le sont nettement plus. Ce fait semble indiquer que seules ces dernières sont destinées à des fins purement agricoles tandis que les premières servent surtout de réserves foncières. En effet, les durées cumulées de culture dans les parcelles à faibles IUA sont généralement plus courtes que celles dans les parcelles à fortes IUA.

Dynamiques de la végétation

La végétation, dominée par les espèces herbacées, du groupe H se distingue de celle, arbustive et arborée, du groupe (A + Ab ; Figure 22a). Les espèces qui contribuent le plus au premier axe factoriel

et se trouvent presque exclusivement dans les végétations herbacées (H) ont un mode de dispersion anémochores (assuré par le vent) pour la plupart, telles que : *Imperata cylindrica* (Poaceae), *Bidens pilosa* (Asteraceae) et *Sporobolus subulatus* (Poaceae). D'autres, telles que *Tristema virusanum* (Melastomataceae), *Psiadia salviaefolia* (Asteraceae), *Helichrysum cordifolium* (Asteraceae), *Ageratum conyzoides* (Asteraceae) et *Erica floribunda* (Ericaceae), se rencontrent dans certaines formations arbustives.

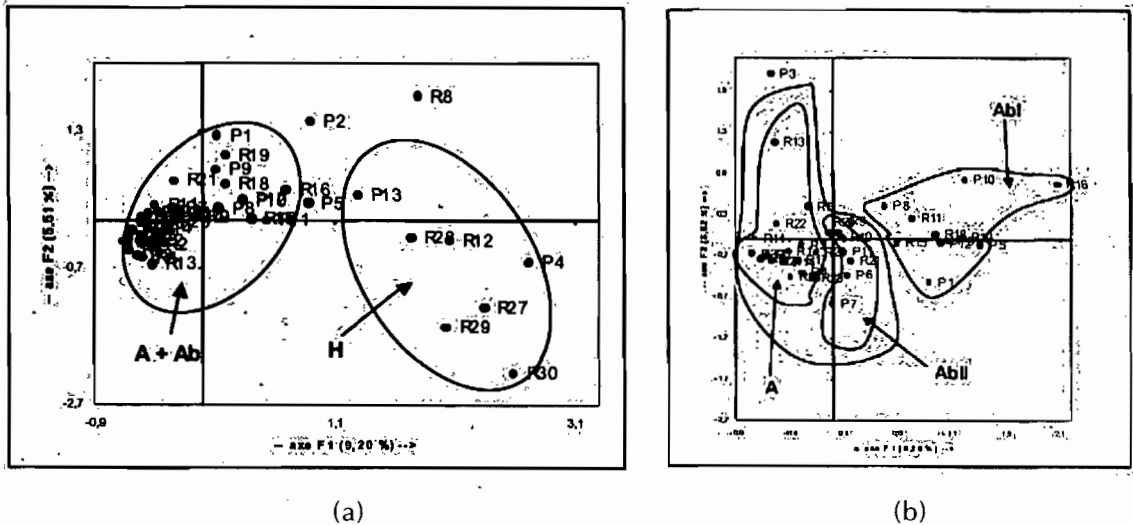


Figure 22. Projection des 44 parcelles d'étude dans un premier plan factoriel d'une AFC (a) et projection d'une partie (sans le groupe H) sur un autre premier plan factoriel d'une AFC.

Trois autres groupes (A, AbI et AbII, Figure 22b) émergent de l'examen du groupe (A + Ab, Figure 22a). Le groupe dominé par des formations arborées (A, Figure 22b), caractérisé par des espèces zoochores (dispersées par les animaux) ou autochores (graines autodispersées) telles que *Myrica phyllireaefolia* (Myricaceae), *Psychotria homolleae* (Rubiaceae), *Weinmannia decora* et *W. bojeriana* (Cunoniaceae) se sépare nettement d'une partie des formations arbustives (AbI ; figure 2b). Ces dernières comportent des espèces herbacées (cf. supra) en plus des arbustes pionniers anémochores et des fougères tels que : *Dodonaea viscosa* (Sapindaceae), *Psiadia altissima* (Asteraceae) et *Pteridium aquilinum* (Pteridaceae). La composition floristique du deuxième groupe (AbII ; Figure 22), se rapproche de celle des formations végétales dominées par les essences arborées (A) et partagent avec elles des espèces zoochores telles que *Smilax kraussiana* (Liliaceae), *Psidium cattleianum* (Myrtaceae), *Weinmannia rutenbergii* (Cunoniaceae), *Eugenia emirnensis* (Myrtaceae) et *Psorospermum fanerana* (Hypericaceae) en plus des arbustes anémochores sus-cités.

Le groupe A ne se différencie de AbII que par la hauteur maximale (Tableau 16). Ces 2 groupes sont homogènes en ce qui concerne la densité, la richesse spécifique, l'indice de régularité, les proportions d'espèces zoochores et annuelles et la proportion d'individus issus de rejet de souches. Les formations arbustives AbI sont aussi pauvres en espèces que la végétation herbacée (H), mais plus riches en espèces zoochores qui se répartissent plus équitablement (Tableau 16).

Tableau 16. Diversité et structure des groupes de relevés.

Groupes de formations	Âge jachère	S	R	%Zoo	D (n/ha)	Hmax (m)	%Ann.	%Rs
A	12 5a	47 12a	0,85a	67a	19680a	10 3a	17a	18a
AbII	10 9a	37 8a	0,84ab	64a	16120ab	7 5b	18ab	25a
Abl	7 5a	22 11b	0,76b	31b	8550b	4 4b	33b	13b
H	2 1b	14 6b	0,57c	7c	0c	0,8 0,3c	81c	0c
p	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

En conclusion, les groupes A et AbII ne présentent de différence qu'au niveau physiologique (Hmax) et leurs diversités floristiques ne sont pas significativement différentes (S, R, %Zoo, %Ann). Par contre, le groupe Abl est significativement plus pauvre en espèces en général et en espèces zoochores, en particulier.

Trois descripteurs efficaces

Les descripteurs les plus aptes à rendre compte de la répartition des espèces dans les différents relevés sont : l'intensité de remaniement du sol, l'âge de la jachère et l'intensité d'usage agricole (Figure 23). Les descripteurs pente, expositions, altitude, position topographique et la durée depuis le premier défrichement ne sont pas efficaces car même si certains d'entre eux sont associés à des informations élevées, leurs entropies descripteurs sont relativement faibles.

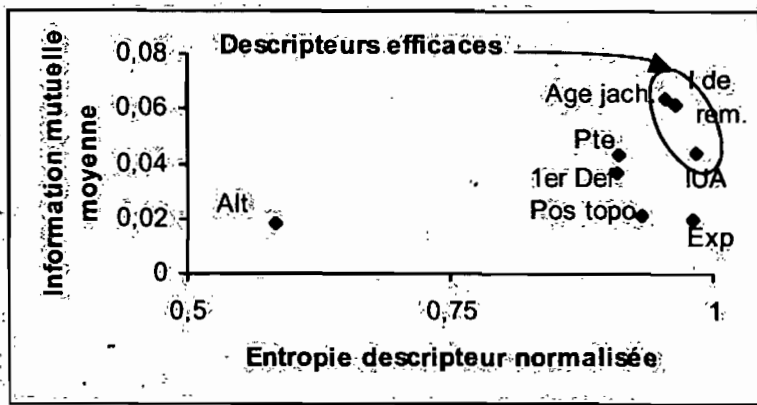


Figure 23. Efficacité des descripteurs

Espèces indicatrices

Deux groupes d'espèces se distinguent par rapport à l'âge de la jachère : (1) les espèces des jeunes jachères *Erigeron naudinii* (Asteraceae), *Sporobolus subulatus*, (2) les espèces des jachères âgées, *Ilex mitis* et *Tambourissa purpurea* et dans une moindre mesure *Psidium cattleianum* (Tableau 17).

Tableau 17. Entropie et information mutuelle de quelques espèces indicatrices

Genre et espèce	Information mutuelle	Entropie espèce	Fréquence spécifique relative(ui x 100/ri)		
			Classe 1	Classe 2	Classe 3
Intensité de remaniement					
<i>Smilax kraussiana</i>	0,33	1	82	67	12
<i>Aphloia theiformis</i>	0,20	0,78	41	33	0
<i>Erigeron naudinii</i>	0,21	0,88	6	22	59
<i>Helichrysum cordifolium</i>	0,18	0,78	12	0	47
<i>Ilex mitis</i>	0,20	0,93	53	56	6
Âge jachère					
<i>Erigeron naudinii</i>	0,23	0,88	55	14	0
<i>Psidium cattleianum</i>	0,25	0,91	5	57	56
<i>Sporobolus subulatus</i>	0,17	0,74	40	7	0
<i>Ilex mitis</i>	0,20	0,93	10	50	67
<i>Tambourissa purpurea</i>	0,17	0,88	10	35	67
IUA					
<i>Weinmannia rutenbergii</i>	0,14	0,78	38	28	0
<i>Sporobolus subulatus</i>	0,13	0,74	0	33	25
<i>Tambourissa purpurea</i>	0,11	0,88	54	28	8
<i>Vernonia moquinoides</i>	0,09	0,64	23	22	0
<i>Nuxia capitata</i>	0,10	0,64	15	28	0

Deux groupes d'espèces émergent par rapport à l'intensité d'usage agricole : (1) les espèces rudérales sur les parcelles intensément exploitées telles que *Sporobolus subulatus* et les espèces qui disparaissent à mesure que l'exploitation s'intensifie comme *Weinmannia rutenbergii*, *Tambourissa purpurea*, (Monimiaceae), *Vernonia moquinoides* (Asteraceae) et dans une moindre mesure *Nuxia capitata* (Buddlejaceae) qui semble s'acclimater préférentiellement à des parcelles moyennement exploitées (Tableau 17).

Deux groupes sont identifiés par rapport à l'intensité de remaniement du sol : celles qui ne supportent pas un fort remaniement (labour) telles que *Smilax kraussiana*, *Aphloia theiformis* et *Ilex mitis* et celles qui s'en accommodent comme *Erigeron naudinii* et *Helichrysum cordifolium* (Tableau 17). *Sporobolus subulatus* se trouve en 7^{ième} position ($I = 0,16$) derrière *Solanum auriculatum* (Solanaceae).

Dicussions

Des évolutions complexes de la végétation

Les dynamiques de succession des jachères d'origine forestière d'Ambendrana (Figure 24) ressemblent aux successions secondaires observées dans les zones tropicales humides. En effet, les mêmes stades herbacé, arbustif et arboré successifs ont été constatés à Andasibe Perinet (Rasolofoharinoro *et al.*, 1997), à Beforona (Pfund, 2000), au Nigéria (Awetto, 1981), en Centre Afrique (Stromgaard, 1986) et même en Amazonie (Toledo & Salick, 2006).

Lors des premières années d'abandons, les espèces pionnières essentiellement anémochores, herbacées et/ou ligneuses, telles que *Erigeron naudinii*, *Helichrysum cordifolium*, *Ageratum conyzoides*, *Psiadia altissima*, *Dodonaea viscosa* et *Solanum auriculatum* (Solanaceae) occupent rapidement le terrain et sont particulièrement fréquentes pendant les 6 premières années de jachère. Néanmoins, certaines espèces zoochores telles que *Psorospermum fanerana*, *Tambourissa purpurea*, *Smilax kraussiana* et *Ilex mitis* se maintiennent, notamment par reproduction végétative (rejets de souche et/ou par drageonnement sauf pour *S. kraussiana*) d'où l'obtention de formations arbustives (AbII) où de jeunes individus appartenant à de telles espèces côtoient des arbustes pionniers

anémochores. Après 14 années d'abandon, les espèces herbacées disparaissent tandis que les arbustes pionniers comme *D. viscosa* persistent et que les espèces de forêt mature telles que *Weinmannia rutenbergii*, *T. purpurea*, *Vernonia moquinioides*, *Nuxia capitata* amorcent un timide retour essentiellement par l'expression de leur banques de graines (les individus de telles espèces sont généralement issus de germinations de graines). C'est à partir de cette période que la diversité et la richesse spécifique explosent et se démarquent de celles des jachères plus jeunes.

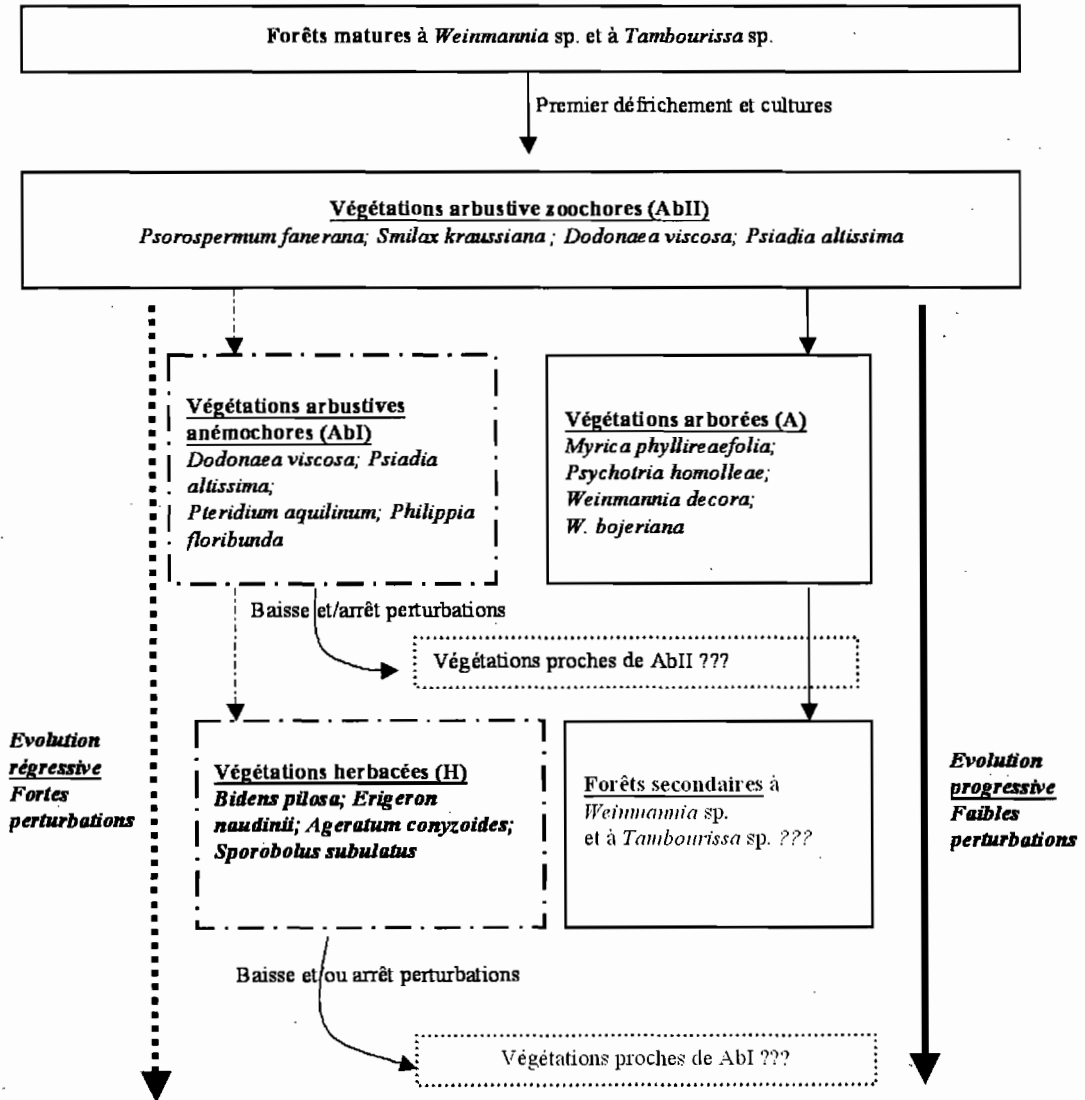


Figure 24. Successions végétales selon l'intensité de perturbation

Cependant, les perturbations récurrentes liées aux mises en culture détruisent au moins partiellement les souches épargnées et probablement la banque de graines des espèces zoochores d'où la dominance des arbustes anémochores (AbI). On ignore si un arrêt de l'exploitation à ce stade de succession conduirait à un stade proche de AbII ou à un blocage dû à l'installation des espèces telles

que *Pteridium aquilinum* et *Erica floribunda*. Cependant, l'absence de jachères, dans le terroir, dominées par ces dernières et ayant été abandonnées il y a plus de 10 ans semble militer pour la première option.

Une exploitation plus intense (IUA > 0,5 et fort remaniement du sol, labour) conduit même à l'élimination des arbustes anémochores et favorise l'installation d'espèces herbacées (H). Cette progression régressive aboutissant à un couvert herbeux (*kilanjy*, dominée par *Sporobolus subulatus*, Poaceae) semble être plus liée au labour du sol et à l'IUA (souvent liés) qu'au nombre de cycles culture-jachère. En effet, les *kilanjy* s'observent sur des jachères anciennement cultivées de façon quasi-continue et labourées. Un arrêt de l'exploitation à ce stade pourrait conduire à une végétation arbustive proche du stade Abl.

Forte influence des pratiques culturelles sur les dynamiques végétales

Une correspondance entre les stades de successions et des groupes d'historique est constatée. Ainsi, la majorité des formations arbustives AbII appartiennent généralement au groupe d'historique G1 (jachères d'âges moyens faiblement exploitées) tandis que celle des formations arbustives Abl se partagent entre G2 (jeunes jachères fortement exploitées) et G4 (vieilles jachères moyennement exploitées et ayant été labourées). Les formations arborées A se partagent entre le groupe d'historique G1 et G5 (vieilles jachères faiblement exploitées). Enfin, la physionomie herbacée (H) est associée au groupe G1 (fortement exploitées). La diversité floristique (S, %Zoo et R ; A → AbII → AbI → H) diminue avec le degré d'exploitation (G5 → G1 → G4 → G2) caractérisé par la combinaison de l'intensité de remaniement du sol et l'intensité d'usage agricole. L'âge actuel de la jachère tempère les effets négatifs de ces facteurs sur la diversité floristique. Les paramètres de structure réagissent différemment : la hauteur maximale diminue avec le degré d'exploitation tandis que la proportion d'espèces annuelles augmente et la proportion d'individus issus de rejets de souche diminue globalement.

La jachère : source de biodiversité et espace de production

Si la diversité végétale dans les jachères est faible au niveau parcellaire (3 à 63 espèces), au niveau du paysage, la diversité est plus importante (210 espèces dont 100 espèces d'arbres et d'arbustes sur 1500 m échantillonnés). Les jachères contribuent donc à un maintien de la biodiversité dans le terroir agricole et limite les effets de lisière grâce au maintien d'un *continuum* entre la biodiversité de la forêt et celle des agroécosystèmes. De plus, c'est un espace utile à l'homme de part les multiples usages non-agricoles correspondants aux espèces que l'on y trouve (Carrière *et al.*, 2005) et la réserve de terre arable qu'il représente. Le facteur prélèvement n'a pas été considéré car il était difficile d'en évaluer l'intensité. De plus, d'après les enquêtes, les prélèvements massifs (bois d'œuvre, etc.) sont rares et ne s'effectuent que sur quelques rares jachères âgées.

Cependant, les récents efforts de conservation des forêts matures du couloir risquent d'accentuer les pressions sur les terroirs agricoles limitrophes, en particulier sur les jachères. La disparition des formations arbustives et arborées dans les jachères favoriserait en retour la déforestation par la diminution du temps de jachère, la baisse de fertilité de ces espaces et donc le besoin de nouvelles terres arables fertiles et aménageables. D'où, la nécessité de promouvoir une gestion durable des terroirs contenant les jachères, en cohérence avec la politique de conservation du couloir. Les objectifs d'une telle gestion seraient la production de biens de consommation et le maintien de la diversité floristique. Les premières recommandations que l'on peut émettre dans ce sens sont : (1) de ne pas dépasser une intensité d'usage agricole de 1/3, soit au moins 2 années de jachère pour une année de culture, pour maintenir la présence des ligneux et (2) d'éviter un remaniement excessif du sol (labour) pour ne pas trop endommager la régénération des espèces zoochores et autochores.

Conclusion et perspectives

Les pratiques culturelles sont d'importants facteurs qui conditionnent la vitesse de régénération de la végétation des jachères. Le caractère restreint de la zone d'étude (un terroir d'environ 6 km de surface) n'a pas permis de faire varier l'altitude, ni les sols, tandis que les positions topographiques dominantes sont le mi-versant et le haut versant.

Les effets de la distance aux sources de graines et ceux des caractéristiques physico-chimiques du sol n'ont pas pu être évalués et devraient l'être ultérieurement. De même, l'étude des effets des pratiques agricoles sur les composantes de la régénération, en particulier sur la banque de graines du sol qui représente les composantes séminales édaphiques et une partie de la composante advective, devra être approfondie.

Chapitre 10

Simulation stochastique de l'historique de parcelles forestières depuis leur première défriche : le cas du couloir forestier de Fianarantsoa, Madagascar

Ratiarson V.¹, Treuil J.P.³, Ramamonjisoa B.O.¹, Carrière S.M.⁴, Randriamalala J.⁴ & Hervé D.²

1) Ecole Nationale d'Informatique de l'Université de Fianarantsoa - Madagascar, BP 1487

2) Institut de Recherche pour le Développement (IRD), BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 5, France

3) Institut de Recherche pour le Développement (IRD), 32 Avenue Henri-Varagnat, 93143 Bondy Cedex, France

4) GEREM-Fianarantsoa (Gestion des Espaces Ruraux et Environnement à Madagascar), IRD-CNRE BP 434, Antananarivo 101, Madagascar

Résumé : Le suivi de la dynamique d'un paysage pour prédire ses évolutions futures dans un contexte où la pression humaine sur les terres est de plus en plus forte, est un thème crucial en écologie. Sous l'effet des pratiques culturales sur abattis-brûlis et de la riziculture inondée, les terroirs villageois malgaches en lisière de forêt se caractérisent par une mosaïque paysagère de rizières, forêts, savanes, parcelles cultivées en pente, reboisements et de tous les stades de succession forestière post-culturelle. Nous nous situons en lisière forestière, là où des autorisations de défrichement de forêt ont été décrétées à des dates fixes blocs à des défriches par conditionnement à l'Ouest du couloir, nous distinguons 5 principaux compartiments d'occupation du sol entre lesquels existent des flux : forêt, culture, prairie, jachère et rizière. Les transitions entre les compartiments d'usage du sol sont régies par des règles de transition pouvant inclure des règles d'évolution écologique du couvert végétal et des règles d'action (défriche, mise en jachère, feu, labour). L'objectif est alors de calibrer un modèle de changement d'états basé sur la déforestation par abattis sur brûlis pour prévoir l'utilisation du sol après l'interdiction du défrichement de la forêt. Nous présentons une approche stochastique pour simuler les changements d'états d'occupation du sol gouvernés par des règles de parcelles forestières à partir de leur premier défrichement. Nous disposons des bases de données d'historiques de parcelles localisées dans deux sites du village d'Ambendrana (vallon, versants) du corridor forestier de Fianarantsoa. Les observations temporelles et spatiales des successions d'états sont représentées par des chaînes de Markov en testant deux modèles : 1) modèle de Markov purement homogène et 2) modèle de Markov homogène seulement par période. Le modèle est implémenté sur une plate-forme en Java et calibré avec la réalité en comparant à la date finale les résultats simulés et observés. Les résultats de la simulation permettent de conclure que le modèle de Markov par période est meilleur que le modèle totalement homogène. Ce dernier modèle pourra donc servir à calibrer les règles de transition utilisées par un modèle à base de règles ou un système multi-agent permettant de simuler l'effet de changements de règles.

Mots clés : Chaîne de Markov, Histoire culturelle, Corridor forestier malgaché, Modèle stochastique, Compartiment d'occupation du sol

Introduction

A Madagascar, l'enjeu actuel pour les politiques environnementales est de concilier la conservation des forêts et la production agricole dans un contexte où la pression humaine sur les terres s'accroît. Le couloir RA forestier est un site d'étude qui présente un enjeu national pour la politique de conservation des forêts et de la biodiversité. En lisière du couloir forestier, la physionomie du paysage agricole du terroir villageois change d'une année à l'autre sous l'effet des pratiques agricoles effectuées par la population riveraine pour couvrir ses besoins alimentaires.

Sous l'effet des pratiques culturelles d'agriculture vivrière (abattis sur brûlis et riziculture irriguée) et des processus écologiques de régénération forestière, le paysage du terroir villageois se caractérise par une mosaïque paysagère de rizières, forêts, savanes, parcelles cultivées en pente, reboisements, lambeaux forestiers, vergers et tous les stades de succession forestière post-culturelle. En contexte de lisière de forêt, nous distinguons 5 principaux compartiments d'occupation du sol entre lesquels existent des flux : forêt, culture, jachère herbacée (prairie); jachère forestière (recrû forestier) et rizière. Les transitions entre ces compartiments sont régies par deux types de règles : des évolutions écologiques du couvert végétal et des actions humaines (défriche, mise en jachère, feu et labour).

L'étude de la dynamique paysagère constitue un thème central dans le domaine de l'écologie du paysage. Des géographes et naturalistes ont proposé une variété de bases théoriques et développé des modèles de simulation pour décrire les effets des facteurs biophysiques, économiques, et socio-culturels sur la dynamique paysagère. Les modèles de la dynamique paysagère incluent des systèmes dynamiques, des modèles discrets à états finis, des modèles de Markov et des automates cellulaires. Les modèles de la dynamique de changement d'état sont généralement des modèles complexes qui requièrent un ensemble de données fiables pour le calibrage des paramètres, comme le montre le modèle CLUE de conversion d'usage du sol et de ses effets (Veldkamp & Schoorl, 2001 ; Verburg *et al.*, 2004) dans lequel des analyses statistiques pour établir les relations quantitatives entre les usages du sol actuels et antérieurs et les facteurs bio-physiques, économiques et humains permettent de définir les procédures d'allocation du sol.

En écologie, les chaînes de Markov peuvent servir d'outil pour décrire la dynamique paysagère et simuler les évolutions futures des états d'occupation du sol. Elles ont été initialement conçues pour décrire des dynamiques de population : matrice de Leslie, avant d'être reprises pour l'approche des successions végétales (Usher, 1981 ; Lippe *et al.*, 1985 ; Baltzer, 2000 ; Flamm & Turner, 1994 ; Lândzer & Fillar, 2002) puis pour l'approche agronomique des successions de culture (Benoît *et al.*, 2001). Certains auteurs ont développé des chaînes de Markov spatialisées pour simuler l'évolution de l'occupation du sol dans un paysage agricole (Turner, 1987 ; Luijten 2002 ; Ladet *et al.*, 2005). Dans ce travail, nous utilisons des modèles stochastiques de Markov pour simuler l'historique de parcelles en forêt depuis leur première défriche, en tenant compte des dates de défriche et d'aménagement. Le choix des modèles de Markov est justifié par le fait que l'historique de parcelles est considéré comme une succession d'états dans laquelle l'état suivant dépend conditionnellement de l'état précédent. Dans le modèle, ces parcelles sont considérées comme indépendantes et non spatialisées.

Méthode

Description de la zone d'application

La zone d'application est localisée au sud des Hautes Terres en pays betsileo, dans le village d'Ambendrana (21 22'46"S ; 47 18'34"E ; Alt. 1132m) dans le *fokontany* d'Iambara et dans la commune d'Androy. Cette commune est localisée dans la partie nord-ouest du couloir RA. Ce qui reste du bloc forestier est aujourd'hui devenu une bande étroite de forêt variant de 5 à 15 km de large suivant les endroits. Une partie de la forêt de la région a été détruite par l'abattis-brûlis et les feux incontrôlés. La dégradation s'est accélérée depuis les années 70. L'altitude confère à la zone un régime climatique de type tropical à deux saisons : la saison sèche et fraîche de mai à septembre et la saison chaude et pluvieuse d'octobre à avril. Dans la région étudiée, les populations paysannes pratiquent la riziculture irriguée dans les bas-fonds, la culture sur brûlis sur les collines pour produire du manioc, du maïs, des haricots, et des patates douces, et l'élevage extensif de zébus. Sous l'effet de diverses pratiques culturelles, le paysage du terroir villageois est hétérogène d'où une diversité de compartiments d'usage du sol : forêt, culture, jachère, prairie et rizière.

Données

Le paysage est très hétérogène en lisière de forêt. Pour comprendre les dynamiques d'usage du sol suivant la défriche de la forêt, nous reconstituons l'historique de l'usage des parcelles sur un pas de temps annuel depuis 20 ans dans deux sites contrastés de lisière, dans le village d'Ambendrana : (1) un Vallon dont la mise en valeur a combiné l'aménagement de talwegs en rizières et la défriche de la forêt, (2) un ensemble de Versants jointifs avec différentes expositions, dont la défriche et la régénération se sont échelonnées après l'aménagement du bas-fond. Les historiques d'usage traités ici portent sur 35 parcelles du Vallon et 25 parcelles des Versants.

Dans le cas du vallon qui correspond à un petit bassin versant, nous déterminons les limites passées et actuelles de la forêt, l'histoire de l'aménagement des talwegs en aval, et nous identifions pour chaque parcelle son propriétaire. L'arbre généalogique des familles des premiers défricheurs est alors reconstitué afin d'obtenir les âges des propriétaires et de comprendre dans quel ordre s'est faite la mise en valeur. Les dates du premier défrichement et du premier aménagement de bas-fonds étant connues, on complète l'historique de chaque parcelle par enquête auprès d'un membre adulte de la famille principale propriétaire et, par déduction, en comparant les parcelles entre elles. Nous avons pu ainsi reconstituer sur 20 ans l'usage annuel de la plupart des parcelles de ce Vallon. La même méthode a été appliquée sur le site Versants en distinguant les grandes périodes de défriche.

Cette base de données rend compte des flux entre jachère, culture, prairie et rizière à partir d'une source de forêt. En lisière forestière, les autorisations de défriche de forêt ont été décrétées à des dates fixes contribuant à des défriches par blocs. A partir de l'année 2000, la source de parcelles en forêt s'est bloquée à la suite des mesures de mise en défens prises par les GCF (Gestion Contractualisée de Forêt) et d'interdiction de défriche. Cette mesure a parfois été anticipée par des défriches plus importantes juste avant l'interdiction.

Modélisation de l'occupation du sol

Nous partons d'un modèle de changement d'états entre 5 compartiments d'occupation du sol : forêt, jachère, culture, prairie et rizière (Figure 25). Chaque transition est étiquetée par un événement discret en caractère normal résultant de la décision d'un agriculteur (défriche, aménagement, labour, mise en feu et abandon) ou un événement continu en italique dans le cas de processus écologiques (régénération forestière, abandon en jachère ou en prairie). Les transitions peuvent être discrètes, temporisées et conditionnelles, et soumises à des règles définissant certaines lois de transformation de la mosaïque paysagère. La seule relation non réversible est celle qui conduit de la forêt à la rizière par l'aménagement de bas-fonds.

Pour modéliser les processus de changements d'états évoluant au cours du temps, nous avons utilisé la chaîne de Markov d'ordre 1 à temps discret, fondée sur l'hypothèse que l'état futur du processus ne dépend que de son état présent qui résume tout son passé (Haggstrom, 2002).

Pour construire une chaîne de Markov, il convient de définir :

- un espace fini d'états qui, dans le cas présent, est formé par l'ensemble {Forêt, Jachère, Culture, Prairie, Rizière} ;
- une matrice des probabilités de transition entre les différents états supposée homogène dans le temps ;
- une distribution initiale constituée par les probabilités initiales d'être dans les différents états.

Les caractéristiques les plus importantes d'une chaîne de Markov sont constituées par l'évolution des probabilités de changement d'états en fonction du temps et la possibilité de converger vers un état global stationnaire indépendamment de la situation initiale.

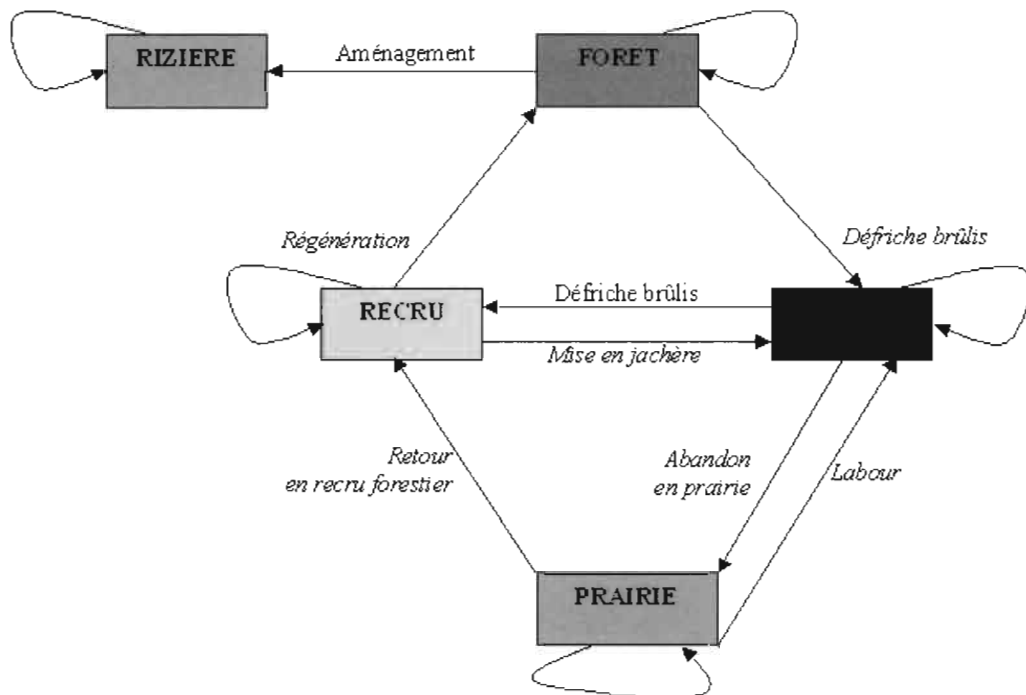


Figure 25. Schéma de transition d'état

Résultats

Analyse des histoires culturelles

De simples analyses statistiques sur la structure des données des histoires culturelles des parcelles du Vallon ont permis de faire les constatations suivantes :

- la longueur de séquence observée en forêt varie d'une période à une autre ;
- les dates de début de défrichement sont variables d'une parcelle à l'autre ;
- les dates d'aménagement des rizières sont variables ainsi que les dates des extensions par aménagement de petits casiers supplémentaires ;
- la durée de jachère varie de 1 à 11 ans ;
- la durée de culture varie de 1 à 9 ans ;
- le nombre de cycles culturels varie de 3 à 5 cycles culturels ;
- il reste des portions de forêt intacte, de forêt sacrée ou de site protégé ;
- l'état de prairie ne s'observe pas dans le Vallon (mise en valeur plus récente) alors qu'il couvre une portion d'un versant dans le site Versants.

Les agriculteurs betsileo s'engagent principalement en forêt pour aménager des rizières dans les bas-fonds avant de défricher les versants. On constate que la période d'aménagement précède celle du défrichement. La variabilité observée dans la structure des données nous amène à introduire dans le modèle de changement d'états la notion de période et à découper l'échantillon des parcelles en sous-échantillons. Dans le cas du Vallon, les parcelles peuvent être réparties en 5 classes différentes (paquets) en fonction des dates de première défriche et d'aménagement des rizières (Tableau 18).

Tableau 18. Classification des parcelles en fonction des dates de première défriche et d'aménagement de rizières : cas du vallon.

Nombre de parcelles	Classe	Observations
17	I	Défrichées en 2000
3	II	Défrichées en 1996
10	III	Défrichées en 1988
3	IV	Aménagées en 1999
2	V	Aménagées en 1986

Calcul des matrices des probabilités de transition

Les matrices sont calculées à partir des données sur les histoires culturales. Dans un premier temps, on construit une matrice de contingence exprimant la relation entre des observations successives entre deux dates. Les colonnes et les lignes de la matrice de contingence représentent les états d'utilisation du sol. L'élément $a(i,j)$ de la matrice est égal au nombre de transitions entre les états i et j . La probabilité $p(i,j)$ de transition d'un état i à un autre état j se calcule par la formule $p(i,j) = a(i,j)/n(i)$ où $n(i)$ désigne le nombre de passages à l'état i (Berchtold, 1988). Dans le cas du modèle de Markov homogène pur, une seule matrice a été construite (Tableau 19) alors que dans le cas du modèle de Markov homogène seulement par période, 5 matrices ont été construites en fonction des 5 classes de parcelles définies à partir des dates de défriche et d'aménagement (Tableau 20).

Tableau 19. Matrices de contingence et de transition du modèle de Markov homogène pur sur 20 ans (1985-2005) : cas du Vallon.

Vallon	Matrice de contingence					Matrice des probabilités de transition				
Etat	Forêt	Jachère	Culture	Prairie	Rizière	Forêt	Jachère	Culture	Prairie	Rizière
Forêt	344	0	29		5	0,91	0	0,077	0	0,13
Jachère	0	67	31	0	0	0	0,68	0,32	0	0
Culture	0	44	129	0	0	0	0,25	0,75	0	0
Prairie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rizière	0	0	0	0	51	0	0	0	0	1

Tableau 20. Différentes matrices de contingence et de transition du modèle de Markov homogène par période sur 20 ans (1985-2005) : cas du Vallon.

Vallon	Matrice de contingence					Matrice des probabilités de transition				
Classe	Etat	Forêt	Jachère	Culture	Rizière	Forêt	Jachère	Culture	Rizière	
I : Première défriche en 2000	Forêt	41	0	16	0	0,72	0	0,28	0	
	Jachère	0	10	6	0	0	0,625	0,375	0	
	Culture	0	14	49	0	0	0,22	0,78	0	
II : Première défriche en 1996	Forêt	3	0	3	0	0,5	0	0,5	0	
	Jachère	0	1	1	0	0	0,5	0,5	0	
	Culture	0	3	19	0	0	0,14	0,86	0	
III : Première défriche en 1988	Forêt	2	0	10	0	0,17	0	0,83	0	
	Jachère	0	56	24	0	0	0,70	0,30	0	
	Culture	0	27	61	0	0	0,30	0,70	0	
IV : Premier aménagement en 1999	Forêt	0	0	0	2	0	0	0	1	
	Rizière	0	0	0	38	0	0	0	1	
V : Premier aménagement en 1986	Forêt	5	0	0	3	0,625	0	0	0,375	
	Rizière	0	0	0	13	0	0	0	1	

Simulation et comparaison des situations simulées et observées en 2005

Pour simuler le modèle de changement d'état, une plate-forme informatique a été développée en utilisant le langage Java qui a été choisi pour sa portabilité et sa puissance en programmation orientée objet, visuelle et événementielle. L'interface graphique du logiciel comprend principalement une liste de choix de types de chaînes de Markov, une matrice de transition, un histogramme des états globaux et une interface graphique cellulaire où se déroule la simulation (Figure carnet central 26).

Les changements d'états sont simulés par les modèles de Markov basés sur des matrices de transition à partir d'une situation initiale. A chaque pas de temps, le simulateur estime les pourcentages de différents compartiments d'occupation du sol et la simulation se poursuit jusqu'à un certain temps fixé à l'avance. Le processus de Markov peut converger vers un état global stationnaire au bout d'un nombre suffisamment important d'itérations. Dans le cas du modèle de Markov homogène par période, à chaque pas de temps, chaque cellule passe d'un état à un autre état en appliquant la matrice de transition associée à la classe à laquelle elle appartient. Une vingtaine de simulations markoviennes d'une durée de 20 ans ont été exécutées à partir d'une situation initiale en forêt, ce qui a permis de déterminer l'état global simulé exprimé en terme de pourcentages moyens de forêt, culture, jachère, prairie et rizière. Nous avons analysé deux résultats :

- 1) la comparaison des états globaux simulés et observés en 2005 (Tableau 4) en calculant la différence relative par la formule : $(\% \text{ Sim}2005 - \% \text{ Observé}2005) / (\% \text{ Sim}2005 + \% \text{ Observé}2005)$ pour chaque catégorie d'occupation du sol ;
- 2) la comparaison des évolutions réelles et simulées des différentes catégories d'occupation du sol durant les 20 années de simulation (1985-2005) (Figure 26).

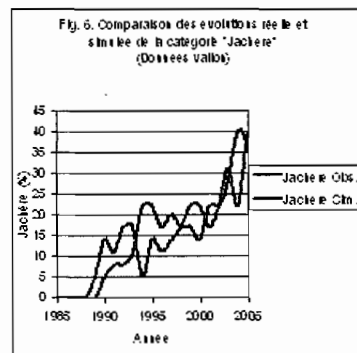
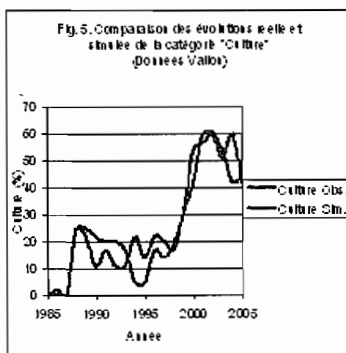
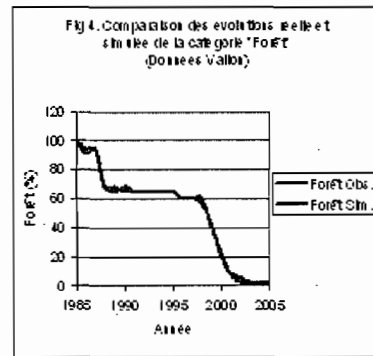
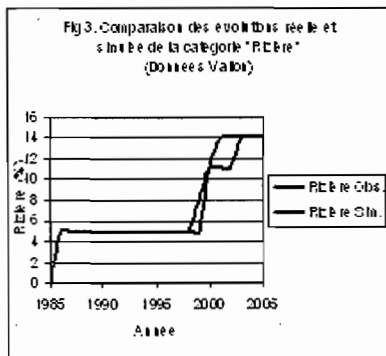


Figure 26. Comparaison des évolutions réelle et simulée de la catégorie (a) rizière ; (b) forêt ; (c) culture ; (d) jachère pour les données Vallon

Figure 26, concernant les données du Vallon, amène aux commentaires suivants :

- 1) on retrouve les deux périodes d'aménagement de rizières de 1985 à 1988 et de 2000 à 2005 (Figure 26a) ;
- 2) la défriche de la forêt se déroule quasiment aux mêmes périodes que l'aménagement, avec un décalage, mais s'achève avant l'année 2000 après laquelle les COBA ont interdit la défriche de la forêt (Figure 26b) ;
- 3) la période de mise en culture démarre avec la période de défriche (Figure 26c) ;
- 4) le pourcentage de surface en jachère (recrû) a tendance à augmenter tout au long de 20 ans (Figure 26d).

Les Figure 26a et b montrent une bonne correspondance entre les 2 courbes simulée et observée alors que les autres Figure 26c et d présentent des fluctuations.

Les résultats de la simulation par chaîne de Markov pure montrent que les états globaux simulés en 2005 diffèrent de ceux observés (2,86 % observé contre 14% simulé en forêt en 2005). Ces résultats ont été améliorés en utilisant la chaîne de Markov homogène par période : le paysage simulé est très proche du paysage observé (Tableau 21).

Tableau 21. Résultat de la simulation du modèle par chaînes de Markov homogène pure et homogène par période : cas du Vallon

Etat	Vallon	Markov homogène pure		Markov homogène par période	
	Observé2005 %	Simulé2005%	Différence relative	Simulé2005%	Différence relative
Forêt	2,86	14	0,661	3	0,024
Jachère	37,14	30	-0,106	38	0,011
Culture	45,71	44	-0,019	44	-0,019
Rizière	14,29	12	-0,087	14	-0,010

Application aux données du site Versants

La même démarche de modélisation précédente est appliquée à la base de données " Versants " en découpant la base de données historiques des versants en 3 classes en fonction des dates de première défriche 1988, 1995 et 1999. L'état rizière n'apparaît pas car l'aménagement du bas-fond était antérieur à toutes les dates de défriche des versants étudiés. Par contre la transition à l'état prairie a déjà eu lieu. Pour ce second cas nous présentons directement les matrices de transition.

Tableau 22. Matrice de transition du modèle de Markov homogène pur sur 19 ans (1987-2006) : cas des Versants

Versants Etat	Matrice des probabilités de transition			
	Forêt	Jachère	Culture	Prairie
Forêt	0,88	0	0,12	0
Jachère	0	0,84	0,16	0
Culture	0	0,28	0,67	0
Prairie	0	0	0,19	0,81

Tableau 23. Différentes matrices de transition du modèle de Markov homogène par période sur 19 ans (1987-2006) : cas des Versants

Classe	EtatsVersants	Forêt	Jachère	Culture	Prairie
I : Première défriche en 1999	Forêt	0	0	1	0
	Jachère	0	0,94	0,06	0
	Culture	0	0,31	0,69	0,06
	Prairie	0	0	0	0
II : Première défriche en 1995	Forêt	0	0	1	0
	Jachère	0	0,8	0,2	0
	Culture	0	0,23	0,71	0,06
	Prairie	0	0	0,18	0,82
III : Première défriche en 1988	Forêt	0	0	1	0
	Jachère	0	0,78	0,22	0
	Culture	0	0,36	0,58	0,06
	Prairie	0	0	0,2	0,8

Tableau 24. Résultats de la simulation du modèle par chaînes de Markov homogène pure et homogène par période : cas des Versants

Etat	Versants	Markov homogène pure		Markov homogène par période	
	Observé2006 %	Simulé2006 %	Différence relative	Simulé2006 %	Différence relative
Forêt	0	18	1	0	0
Jachère	72	47	-0,21	61	-0,083
Culture	16	28	0,273	30	0,304
Prairie	12	7	-0,263	8	-0,2

La Figure 27, concernant les données des Versants amène aux commentaires suivants :

- 1) il y a trois périodes de défriche : de 1987 à, 1988, de 1994 à 1995 et 1998 à 1999 qui se traduisent par une augmentation de la surface en culture par palliers ;
- 2) le pourcentage de surface en jachère (Figure 27a) tend à croître dans le temps selon plusieurs palliers alors que le pourcentage en prairie reste très faible (Figure 27b).

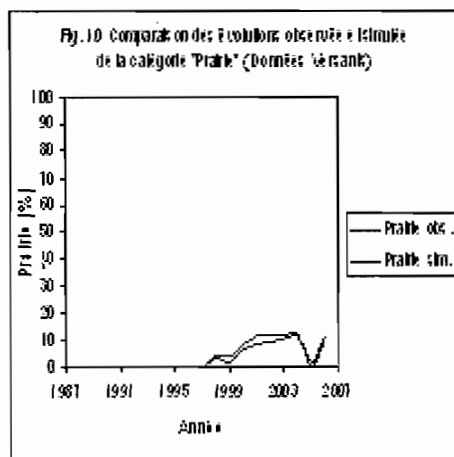
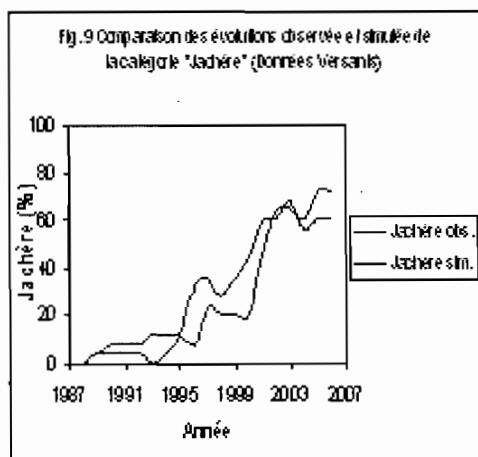


Figure 27. Comparaison des évolutions réelle et simulée de la catégorie (a) jachère ; (b) prairie pour les données Versants

Conclusion

Ce travail, réalisé à partir de deux bases de données d'historiques culturelles de parcelles du village d'Ambendrana (sites du Vallon et des Versants), présente une alternative pour simuler l'historique de l'usage de parcelles en forêt depuis leur première défriche en tenant compte des dates de défrichement et d'aménagement à l'aide de deux modèles markoviens (chaîne de Markov pure et homogène par période). Le résultat de la simulation par chaîne de Markov pure est différent de la situation observée à la date finale. La faiblesse de la chaîne de Markov provient de l'hypothèse que la matrice de transition est homogène dans le temps et ne prend pas en compte l'aspect spatial ni l'influence de facteurs externes sur les processus de changements d'états. L'application du modèle de Markov homogène seulement par période a permis d'obtenir des résultats simulés beaucoup plus proches du paysage observé. L'analyse des résultats de la simulation permet de constater qu'aussi bien dans le Vallon que dans les Versants, le pourcentage de surface de la forêt diminue alors que celui de la culture augmente durant une période bien définie. Durant 20 ans, les surfaces en jachère et recru forestier tendent à remplacer les surfaces initialement en forêt et l'état prairie fait tout juste son apparition. Ces deux occupations du sol ont des évolutions subissant des fluctuations. Le modèle de Markov homogène seulement par période pourra donc servir à calibrer les règles de transition utilisées par un modèle à base de règles ou un système multi-agent permettant de simuler l'effet de changements de règles.

Chapitre 11

Dynamique du système d'élevage bovin dans une zone forestière des Hautes Terres de Madagascar

Ranaivoson R., Ranaivoarivelo N., Ramananarivo S. & Serpantié G.

Résumé : Ce chapitre a pour objet de montrer la dynamique du système d'élevage bovin dans une zone péri-forestière betsileo. Il s'agit de comparer le rôle et la place de l'élevage dans les systèmes de productions suivant trois situations : savane, lisière et forêt (un *fokontany* par site). L'étude comprend trois parties : l'analyse des caractéristiques de l'élevage et leur évolution, l'étude du rôle et de la place de l'élevage bovin dans les systèmes de production, et la compréhension des pratiques agropastorales et des conditions de l'élevage. La méthode a associé des recensements par *fokontany*, et des enquêtes auprès d'échantillons d'éleveurs (au taux 1/2) et de non-éleveurs (au taux 1/10) tirés aléatoirement. La proportion d'exploitations possédant des bovins est partout proche de 1/3, à gestion de plus en plus individuelle (50% seulement en parc collectif). L'effectif du cheptel par élevage ne présente pas de différence significative entre les trois zones. Cependant, le cheptel "en forêt" a tendance à diminuer. Il y a moins d'achat, le taux de mortalité est élevé et le taux de natalité faible. En dehors de la sécurité, meilleure en forêt qu'en savane, les conditions physiques, biologiques, et techniques ne sont pas favorables à l'élevage bovin sédentaire : espace de pâturage limité, climat froid et humide, parasitoses, accès limité aux moyens sanitaires. En outre, le rôle de l'élevage est différent suivant les sites. En forêt, la relation entre agriculture et élevage est limitée, une grande partie des rizières étant tourbeuses et donc non piétinables. Ainsi, les éleveurs préfèrent avoir des femelles tandis qu'en savane les mâles sont privilégiés. Le fumier est peu valorisé. Le rôle du bétail rejoint les rôles du Sud de Madagascar : prestige, symbolique mais aussi réserve financière en cas de besoin. Pour la partie en savane et en lisière, l'élevage est un véritable outil de production : piétinage et fumier. La relation entre agriculture et élevage est plus forte. Le nombre d'animaux utilisé annuellement pour le piétinage ainsi que la production de fumier sont plus importants. Le bétail sert de réserve financière, notamment pour l'accroissement des rizières. Le renouvellement du troupeau se fait plus par l'achat que par naissance. La comparaison des unités de production éleveur et non éleveur montre que le cheptel est à la fois une manifestation de la réussite de l'unité de production, et un atout pour progresser. Les éleveurs sont des familles nombreuses comparées aux non-éleveurs. Ils développent une production plus importante en riz et manioc.

Mots-clés : bovin, place, rôle, système de production, corridor forestier, Ranomafana-Andringitra, piétinage, fumier, rizière, pâturage, Betsileo

Introduction

En milieu rural malgache, les systèmes de production allient le plus souvent agriculture et élevage avec quelques variantes selon les régions.

Dans les sociétés agropastorales telles que dans le Sud de l'île, l'élevage y est le plus souvent de type extensif avec un cheptel géré de manière collective au sein d'une communauté. Le rôle social et symbolique joué par le bétail y est très marqué, car il confère du prestige au groupe, et sert de lien au sein de la communauté et entre celle-ci et les ancêtres (Elli, 1993 ; Ranaivoarivelo, 2002). La relation entre élevage et agriculture est surtout manifeste à travers le piétinage des rizières. En revanche le fumier y est très peu valorisé, et même dans certains cas son usage est proscrit (Toutain & Rasambainarivo, 1997 ; Ramanantsoa, 2002).

Sur les Hautes Terres en revanche, aujourd'hui la taille du cheptel est le plus souvent réduite, la plupart du temps inférieure à 10 têtes, répondant à un système d'élevage au service de l'agriculture, piétinage des rizières et fumure organique (Ravoninirina, 1993 ; Blanc-Pamard *et al.*, 2005).

Les travaux de Moreau (2002) menés en bordure Sud du corridor forestier, tout comme ceux de Andriamahazo et al. (2004), confirment également la forte intégration de l'élevage aux travaux rizicoles en savane. Shoomaker-Freudenberger (1998) a présenté l'élevage comme un facteur essentiel pour la réussite économique des exploitations agricoles autour du corridor de Fianarantsoa. En étudiant l'élevage extensif "en forêt", au Sud du corridor, Moreau (2002) a montré que c'est aussi un moyen de conquête foncière des bas-fonds : les paysans se prévalent d'anciens parcs pastoraux familiaux pour justifier de leur appropriation actuelle de terres de bas-fond non encore aménagées. L'élevage aurait donc permis une certaine anticipation foncière, sans que l'on sache cependant si cette fonction était stratégique. Il y a encore, de ce point de vue, un lien avec les rizières, dont on connaît l'importance alimentaire, économique et symbolique pour les gens des Hautes Terres et particulièrement pour les Betsileo (Dubois, 1938 ; Blanc-Pamard *et al.*, 2005 ; Radanielina, 2005). Dans les conditions présentes, la forêt est de plus en plus contrôlée pour être préservée de toute perturbation humaine (pâturage, feux, agriculture, cueillette), au nom de la conservation de la biodiversité. Une question de recherche porterait sur l'impact écologique de l'élevage forestier. On sait que l'élevage participe, à l'instar des animaux sauvages, à la dissémination de plantes invasives (cf. chap. 15). Il pourrait exister un équilibre entre élevage et écosystèmes, si l'on part du principe que l'élevage en forêt est ancien (Moreau, 2002). Si l'on s'intéresse aux populations vivant en forêt, on doit se demander quelle est la place de cette activité dans le système agraire. Notamment, hormis l'anticipation foncière, quels sont les traits et fonctions originaux de cet élevage par rapport à ceux de la savane mitoyenne ? Comment cette activité s'est-elle adaptée autour du Parc de Ranomafana, inauguré en 1991, qui a notamment soustrait un espace pastoral important ? Si l'élevage devait être strictement régulé au nom d'objectifs environnementaux, dans les futurs " sites de conservation " du corridor, quelles conséquences devra-t-on compenser ? Si l'élevage est conservé, sous quelle forme sera-t-il le moins perturbateur des écosystèmes et comment en optimiser son rôle économique ? Une meilleure connaissance du système agraire régional, et au sein de celui-ci, du système de production forestier, de la place, du fonctionnement, des rôles du système d'élevage actuel, et ses évolutions, permettrait d'apporter un début d'éclairage au débat. Pour ce faire une démarche comparative entre situations de savane, de lisière, et de forêt, permettra d'isoler les fonctions, modes de conduite et problèmes particuliers de l'élevage bovin de la lisière et de la forêt, par rapport à la situation savane prise comme témoin.

Méthodologie

La zone d'étude est la Commune rurale d'Androy, District de Fianarantsoa II, Région de la Haute-Matsiatra, située à environ 35 km au Nord-Est de la ville de Fianarantsoa. Trois *fokontany* contigus ont été choisis comme sites d'études : une zone " en forêt " : Amindrabe ; une zone " en lisière " : lambara ; et une zone " en savane " : Igodona. Les paysans distinguent deux espaces : *ampatrana* (zone non forestière) ou *an'ala* (zone forestière) mais ne qualifient pas la région de lisière. Pourtant, cette situation est pour nous essentielle à considérer, les paysans de la lisière jouissant d'une position privilégiée puisqu'ils ont accès aux ressources et conditions de deux milieux contrastés, ce qui enrichit leurs possibilités.

Un recensement exhaustif du bétail a été effectué par *fokontany*, après avoir constaté les imprécisions des " cahiers de bœufs " servant au recensement administratif permanent du bétail (Ranaivoson, 2004) (Tableau 25). Les unités de production (UP) ont été choisies sur la base d'un recensement de deux groupes : avec bétail ou sans bétail, puis d'un tirage aléatoire au sein de chaque groupe, en privilégiant le groupe des éleveurs. Les enquêtes se sont déroulées de nov. 2004 à fév. 2005.

Tableau 25. Répartition des unités de production enquêtées

Zone	Nb. de villages	Nb. d'unités de production		Nb. d'unités de enquêtées en %		Taux d'échantillonnage en %	
		à bétail	sans bétail	à bétail	sans bétail	à bétail	sans bétail
Savane	05	30	64	18	6	60	9
Lisière	17	74	156	32	12	43	8
Forêt	17	43	80	20	15	47	19
Ensemble	39	142	305	70	33	49	11

Quatre rubriques ont été étudiées par enquête pour les systèmes de production des UP : besoins du ménage, moyens de production, activités productives, et résultats des exploitations agricoles. Chaque variable quantitative caractérisant le système de production a été ramenée aux besoins de l'unité de production (UP), c'est-à-dire le nombre d'unités de consommation ou unités-résident (UR) après pondération pour chaque membre de la famille en fonction de son âge et de son genre.

L'étude des relations entre l'élevage et l'agriculture a été abordée à travers les aspects suivants : (i) les pratiques d'élevage, l'alimentation, le pâturage saisonnier et la valorisation des ressources fourragères, (ii) le parcage, l'habitat, (iii) le temps consacré à l'élevage, (iv) les pratiques mettant en relation l'élevage et l'agriculture.

Résultats

Après la présentation de l'importance de l'élevage, on abordera les résultats concernant ses rôles.

Place de l'élevage

Afin de comparer l'importance de l'élevage entre les trois situations, on a rapporté les effectifs mesurés au nombre des exploitants et des habitants (Tableau 26).

Tableau 26. Importance du cheptel et des éleveurs dans chaque *fokontany*

Zone	Nb de bovins par UP	Nb de bovins par hab.	Nb de bovins par exp. éleveurs	Taux d'éleveurs %
Savane	0,88	0,11	2,8	32
Lisière	0,91	0,18	2,8	32
Forêt	0,89	0,17	2,5	35

Selon ces ratios, les effectifs de bovins sont très proches. Le tiers des unités de production sont des éleveurs, dans chaque situation. Le taux d'éleveurs et l'effectif du bétail ne serait donc pas lié au type de milieu environnant. Une faible concentration au sein des éleveurs existe : les troupeaux n'excèdent pas 10 têtes. Outre les travaux de gardiennage, le risque de vol est souvent invoqué : les gros troupeaux attirent les *dahalo*, voleurs de bétail, en savane et en lisière. En 2006, le vol du plus gros troupeau de la lisière s'est produit. En forêt, la sécurité est meilleure, c'est pourquoi les pâturages " en forêt " étaient autrefois recherchés pour l'élevage extensif des gens de la lisière (Moreau, 2002).

Rôle de l'élevage à l'échelle de l'exploitation

La signification et le rôle de l'élevage bovin dans le système de production ont été étudiés d'abord par comparaison des UP éleveur et non-éleveur, puis par une typologie des éleveurs par analyse multivariée du tableau des caractéristiques du système de production et par comparaison de certains modes de gestion.

Comparaison éleveurs / non éleveurs

Pour la comparaison éleveurs-non éleveurs, on dispose d'un échantillon de 33 exploitations sans bétail à comparer aux 70 UP-éleveur. Les non-éleveurs ont des familles significativement plus petites (4,6UR contre 5,6UR), et leur production agricole par résident est aussi significativement moindre, de moitié en moyenne (paddy : 97 kg/UR contre 163 kg/UR, comme manioc : 106 contre 194). Le manioc n'ayant pas de rapport direct avec l'élevage bovin (si ce n'est les épiluchures servies comme fourrage de complément), les non-éleveurs seraient donc des exploitations ayant aussi de faibles résultats de production agricole, ce qui peut être lié à une phase de démarrage (nouvelles exploitations ayant peu de moyens et de personnel), et, concernant les exploitations matures, à une carence soit en rizières, soit en force de travail de labour pour le manioc. Dans tous les cas, à une carence de moyens de production. L'élevage apparaîtrait ici comme un produit de la réussite économique de l'exploitation (en partie liée à son héritage) plus que comme un facteur initial de réussite, même si une partie du gain de production en riz des éleveurs doit être attribuée à la production de travail et de fumier par le bétail.

En vue d'une typologie des éleveurs, une analyse factorielle des correspondances multiples (ACM) a été opérée sur des variables actives caractérisant le système de production des éleveurs, et en présence de variables supplémentaire comme la situation et l'âge. L'axe F1 du premier plan factoriel de l'ACM représente 13% de l'inertie totale (Tableau 27). L'axe F1 met en évidence la variation du type de système de production suivant la situation. Le côté négatif de l'axe des ordonnées décrit le mode de production des éleveurs en savane et en lisière. Le côté positif donne le mode de production des éleveurs " en forêt ". En forêt, le mode d'acquisition des terres fonctionne par aménagement ; la main d'œuvre est plus familiale que salariée ; on utilise moins de bœufs piétineurs ; les UP utilisent moins d'engrais NPK ; la production de la rizière et des *tanety* est moins importante, sans culture de contre saison.

Tableau 27. Variables caractérisant les systèmes de production associées à l'axe F1 .

Variables explicatives	Axe négatif	Axe positif
<i>Variables actives</i>		
Acquisition des rizières	ARiz-0 : Achat	ARiz-1 : Aménagement
Acquisition des <i>tanety</i>	ATan -2 : Héritage et autres	ATan -1 : Aménagement
Main-d'œuvre sur les rizières	MORiz-1 : MOD Riz mixte	MORiz-0 : MOD riz familiale
Main-d'œuvre sur les <i>tanety</i>	MOTan-1 : MOD <i>tanety</i> mixte	MOTan-0 : MOD <i>tanety</i> familiale
Nb. de bovins piétineurs/ UR	Piet-2 : Nb de bovins > 2	Piet-0 -1: Nb de bovins < 2
Utilisation de l'engrais NPK	NPK-1 : Utilise le NPK	NPK-0 : Aucun
Prod. Rizicole par UR	Priz-1-2 : P.Riz par UR > 85 kg	Priz-0 : P.Riz par UR < 85 kg
Prod. Des <i>tanety</i> par UR	Ptan -2 : P. <i>tanety</i> par -UR > 600 kg	Ptan-0-1 : P. <i>tanety</i> < 600 kg
Culture contre saison	CCS-1 : Fait du contre saison	CCS-0 : Pas de contre saison
<i>Variables supplémentaires</i>		
Situation	FKT-1 et 2 : en lisières et hors forêt	FKT-0 : en forêt

L'axe F2 de l'ACM (10% de l'inertie) est expliqué par les variables décrites dans le Tableau 28. On interprète l'axe F2 comme l'expression de la situation d'accumulation économique et d'inégalités dans l'accès aux moyens. Cet axe oppose (domaine positif) des UP produisant beaucoup de riz par résident. Ils ont plus de bovins. Ils utilisent plus d'engrais NPK. Ils n'ont pas besoin d'autres activités et ne font pas de salariat. Ils sont âgés, et ont des petites familles. On trouve dans ces UP souvent des " préretraités " qui ont pu accumuler des moyens de production : rizières, bovins. Ceux qui sont en dessous de l'axe font beaucoup de cultures de *tanety*, et s'adonnent à d'autres activités

complémentaires. Les chefs d'UP sont encore jeunes, avec des familles souvent nombreuses. Il s'agit souvent d'exploitations matures, qui ont réussi à acquérir un ou deux animaux. Les variables rattachées à l'élevage bovin et son rôle comme la pratique du piétinage des rizières sont plus liées à l'axe F1 qu'à l'axe F2. L'axe F1 exprime le type du système de production selon les situations indépendamment de la richesse de l'UP. Le rôle du bétail dans le système de production varie donc suivant le milieu : " en forêt ", d'autres fonctions que le piétinage sont mises en avant. L'aisance de l'UP est en revanche indépendante de la situation.

Tableau 28. Variables caractérisant les systèmes de production liées à l'axe factoriel F2

Variables explicatives	négatif	positif
<i>Variables actives</i>		
Prod. Rizicole par UR	Priz-1 : 85 à 200 kg ; moyenne	Priz-2 : > 200 kg ; important
Nb. Bovins piétineurs / UR	BOV-0-1 : = < 0,7 peu et moyenne	BOV-2 : > 0,7 ; important
Autres sources de revenus	REV-1 : Autres métiers	REV-0 : Aucun autre métier
Salariat	Sal-1 : Fait du salariat	Sal-0 : Ne fait pas du salariat
Unité de résident	UR-2 : UR > 6 ; Grande famille	UR-0-1 : UR < 6 ; Famille moyenne et petite
<i>Variables supplémentaires</i>		
Age du chef d'UP	Age-0 : Chef d'UP jeunes	Age-2 : Chef d'UP âgés

Types d'élevage et mode de gestion

Le rôle de l'élevage dans l'exploitation individuelle des éleveurs est renseigné par le type d'élevage mis en oeuvre, et par les relations entre l'élevage et le reste du système d'activités.

Le type d'élevage dépend de la nature du mode de gestion (collective ou individuelle), du mode d'acquisition des animaux (naissance dans le troupeau, achat), et du type de structure de troupeau recherché (Tableau 29).

Les paysans de la région exploitent partout le même type de zébus de race malgache. Il n'apparaît pas de différences, du point de vue des éleveurs, entre les races entre les situations de forêt et de savane.

Tableau 29. Statut et acquisition du troupeau

Variables explicatives	Modalités		Savane	Lisière	Forêt
Gestion du troupeau	Collectif	%	44	53	60
	Individuel	%	56	47	40
		GS*	A	A	A
Modes d'acquisition du bétail dans le passé	Par achats	%	85	73	49
	Par naissances	%	14	27	51
		GS	C	B	A
Préférence en cas de possibilité d'achat ultérieur	Mâles	%	67	48	35
	Vaches	%	33	52	65
		GS	A	A	A

* GS : Groupes semblables selon le test Z de comparaison des proportions Dagnélie, 1975 ; XLSTAT 7.0)

Pour la gestion du bétail, les UP d'un même groupe de parenté peuvent s'associer, ce qui est une façon de regrouper l'épargne de la famille élargie dans un même " parc " et donc d'alimenter le prestige familial. C'est l'ancienne manière betsileo de gérer le bétail sur un parc collectif. Autrefois il n'était pas admis d'avoir un parc personnel. Il fallait attendre que les parents soient décédés pour avoir son propre parc. Actuellement, la tendance est à l'individualisation de la gestion, puisque la moitié des éleveurs gèrent de cette façon leur bétail. Mais il n'existe pas de différence significative entre situations.

Le mode d'acquisition comprend deux cas : par achat ou par naissance. " En forêt ", on opte significativement plus pour la naissance que pour l'achat comme mode d'acquisition. Ceci permet de distinguer deux types dominants d'élevage, un " élevage de reproduction " en zone forestière, et un " cheptel de travail ", en zone de savane. Les principales sources de financement des achats sont la vente de riz (qui suppose alors que l'héritage, l'aménagement ou l'acquisition de rizière précèdent la possession de bétail) et secondairement d'autres types d'élevages (porc, volaille).

Concernant les futurs achats, il n'y a pas de différence significative sur la préférence. Néanmoins, les discours entendus confirment l'idée que les vaches sont plus souvent souhaitées en *an'ala* où les rizières à piétiner sont petites et le plus souvent tourbeuses, qu'en *ampatrana* où les rizières sont grandes et constituées plus fréquemment de sols minéraux argilo-sableux ou de sols moyennement tourbeux (voir chap. 2).

Pratiques et conditions de l'élevage bovin

Dans cette partie, la variation des rôles attribués à l'élevage dans les systèmes de production mais aussi les difficultés et relations à l'environnement sont traitées à travers l'étude des relations agriculture-élevage, des pratiques et des conditions d'élevage.

Importance de la relation agriculture-élevage

La fréquence moindre de la pratique de piétinage des rizières (mise en boue après labour) en zone de forêt et en lisière (Tableau 30) s'explique par les difficultés de cette pratique sur ces sites. La plupart des rizières y sont de qualité tourbeuse (sols hydromorphes organiques). Il est techniquement difficile d'y faire piétiner les animaux, faute de portance.

Tableau 30. Pratique du piétinage pour les éleveurs de bovins (en %)

Zone	Nb	%	Groupes semblables
Forêt	12/20	60	A
Lisière	25/32	78	A
Savane	16/18	89	B

Faute de moyens de transport, le fumier est surtout utilisé dans les rizières et les terres de culture les plus proches du village. Une grande partie du fumier est affecté à la riziculture avant repiquage entre le mois de septembre et novembre. L'utilisation du fumier est beaucoup plus importante en savane et lisière qu'en forêt. Cette utilisation s'étend sur les cultures pluviales en savane alors que dans les deux autres situations, elle est presque inexistante pour les tanety. En effet, le sol de pente est plus fertile en forêt et en lisière; par ailleurs les UP à l'extérieur ont appris par nécessité à en accroître la disponibilité, notamment par apports de matières organiques : 3 tonnes par UP en savane, 1,2 t en lisière et 1,1 tonnes en forêt.

Outre le travail et le fumier, une interaction agriculture-élevage a été reconnue dans la complémentation alimentaire du bétail. En saison pluvieuse (décembre à février) l'affouragement de complément servi au parc provient de la récolte manuelle de plantes spontanées, notamment sur jachères (*Imperata cylindrica*) et en bordure de rizière. En saison non pluvieuse, la majeure partie de l'affouragement est constitué de résidus agricoles frais ou conservés en meules (Tableau 31). A part ces types de résidus, les feuilles de canne à sucre sont aussi utilisés par les UP en "forêt" et en lisière pour compléter l'alimentation de leur bétail.

Tableau 31. Types de résidus de récolte utilisés pour l'alimentation du bétail

Périodes d'utilisations	Types de résidus	Raisons
Mars - août	Paille de riz	Période de récolte et après (janvier à mars) La paille ne dure que 6 mois,
Mai - août	Feuilles et tiges de patate douce	Période de récolte
Août - novembre	Epluchures de manioc	

Les relations financières entre agriculture et élevage sont importantes. La vente des produits de récolte (riz notamment) constitue une des sources de financement de l'acquisition du bétail. C'est pourquoi les bovins sont le plus souvent acquis tardivement dans le cycle de vie de l'exploitation, et en tout cas après l'aménagement ou l'acquisition des rizières. En retour le bétail constitue un volant financier pour les exploitations matures, permettant de saisir des opportunités sans s'endetter, telles qu'une terre à vendre. C'est important en savane où les bas-fonds sont tous aménagés.

Le logement du bétail

Dans la zone d'étude, le parc à bœuf, peu à peu transformé en fosse profonde par le raclage du fond, est traditionnellement à découvert. En période de pluie, le parc est inondé et les paysans ne mettent pas de foin pour assécher le sol. Le système d'évacuation de l'eau dans le parc n'est pas entretenu provoquant la stagnation de l'eau de pluie et la formation de boue. Cet inconvénient est compensé en savane par le pâturage matinal sur *tamboho* (collines herbeuses) où le bétail se sèche au soleil. " En forêt ", les espaces bien exposés au soleil sont limités, le bétail y est donc beaucoup plus exposé au froid et au crachin. Le parc " en forêt " est donc souvent à l'abri des arbres. Les animaux y sont pour la plupart du temps dans des endroits humides et boueux créant des conditions sanitaires peu favorables à leur reproduction. En particulier, la distomatose (*dita*), douve du foie apparue il y a quelques décennies à Madagascar est devenue une maladie fréquente en forêt, où le pâturage s'effectue beaucoup sur bas-fonds humides.

Alimentation du bétail et mobilisation de main d'œuvre

Les pâturages en lisière sont essentiellement ceux de la savane (collines *tamboho*, pentes en jachères herbacées *kilanjy* et rizières récoltées *farihy*). Les *kilanjy* sont des jachères graminéennes issues de la dégradation progressive d'une végétation post-forestière par culture répétée (voir chap. 9). Ils sont plus recherchés que les *tamboho*, dominés par une herbe pérenne de mauvaise qualité (*Aristida similis* ou *kifafa*).

En forêt, il faut ajouter les *tapoka* (rizières en jachère et marécages), les *tambina* (jachères de bas-de pente riches en rudérales et résidus de récolte), et les *kapoka*, jachères arbustives.

La pratique des feux d'aménagement pastoral, qui avaient autrefois cours sur autorisation (tous les trois ans environ) tant " en forêt " qu'en savane, a été abandonnée depuis une dizaine d'années, à la demande des gestionnaires du parc de Ranomafana. Les milieux herbacés, non entretenus, s'encombrent peu à peu de fougères, éricacées et buissons (voir chap. 9).

Pour la conduite du bétail et l'affectation de la main-d'œuvre à son travail, il faut différencier la saison des pluies et la saison sèche.

Pendant la saison des pluies, la zone de pâturage est réduite aux abords des habitations et aux *tamboho* les plus proches. Les éleveurs sortent tôt leurs troupeaux pour les *tamboho* ensoleillés, vers 8 heures du matin. Le premier abreuvement est réalisé vers 10 heures, puis les gardiens et leurs troupeaux retournent sur les lieux de pâturage à 14 heures jusqu'au retour au parc, vers 17 heures. A la fin de la journée, une fois le bétail rentré au parc, les mangeoires sont approvisionnées en fourrage frais ou conservé. En raison du peu de temps passé à pâturer et du manque de pâturage de bonne

qualité, l'affouragement au parc est le moyen adopté par tous les éleveurs pour compenser quantitativement et qualitativement l'alimentation du bétail. En moyenne, un parc à 2 ou 3 bovins nécessite l'apport d'un sac de jute de fourrage. En saison humide, le fourrage est généralement prélevé dans les bas-fonds, *tapoka* et *farihy*, et sur les bas de pente, *tambina*, *tanimboly* (vergers) et *kilanjy*. Le fourrage est récolté à proximité du chantier agricole de la matinée, après le travail. Avec l'affouragement au parc, le temps passé à garder le troupeau est réduit et l'organisation de la journée simplifiée.

Pour les éleveurs, c'est l'après-midi que les animaux mangent le plus. C'est aussi l'après midi que les paysans consacrent du temps pour le gardiennage et l'affouragement, après les travaux champêtres ou par les écoliers dès la sortie de l'école.

Avec le peu de temps à consacrer à ces activités mais aussi l'insécurité, certains paysans choisissent de limiter leur bétail.

Pendant les périodes sèches, la zone de pâturage s'étend vers le *farihy* (rizières récoltées). Le fourrage (souvent des résidus de récolte) est distribué au parc le soir et le matin en attendant la sortie au pâturage. Il n'est pas rare de voir les troupeaux rester au parc jusqu'à 13 heures. En cette période l'herbe est trop sèche dans les *tamboho* ; donc les animaux préfèrent pâturer en bas-fond en *farihy* et les bas de pente *tambina*.

A chaque situation et saison (Tableau 32) correspondent des types de pâturage et des modes de déplacement des troupeaux. En forêt, à part quelques éleveurs qui font paître leur troupeau sur les *tapoka* loin des habitations, voire sur des savanes incluses lorsqu'il y en a à proximité, l'aire de pâturage se limite aux alentours immédiats dans le domaine agricole (*kapoka*, *tambina*). En période sèche s'ajoute le bas-fond. L'espace de pâturage rétréci nécessite de mobiliser une main d'œuvre plus importante pour le gardiennage. En lisière, en période de pluie, chaque village a son propre pâturage, généralement sur les *tambohos* étriqués autour du village. En effet, l'existence d'un réseau dense de rizières entourant les villages ne permet pas au troupeau d'accéder au *tamboho* d'en face. En savane, l'accès à différents espaces de pâturage pose moins de problème car les *tamboho* sont plus vastes et les rizières moins serrées.

Tableau 32. Espaces de pâturage les plus fréquentés selon les périodes

Mois	Périodes	Milieux les plus fréquentés		
		Savane	Lisière	Forêt
Novembre-mars	Pluvieuse et chaude	Tamboho	Tamboho	Tambina, tapoka
Mai-juillet	Non pluvieuse, fraîche et crachin	Tamboho, farihy	Tamboho, kilanjy, farihy	Farihy, tambina
Août-octobre	Sèche et fraîche	Tamboho	Tamboho	Kapoka

Discussion

Importance et place de l'élevage dans l'exploitation

Il existe des relations entre la surface cultivée, la production rizicole, l'utilisation de la main d'œuvre et l'élevage bovin (Figure 28). L'élevage est apparu comme un résultat et un atout.

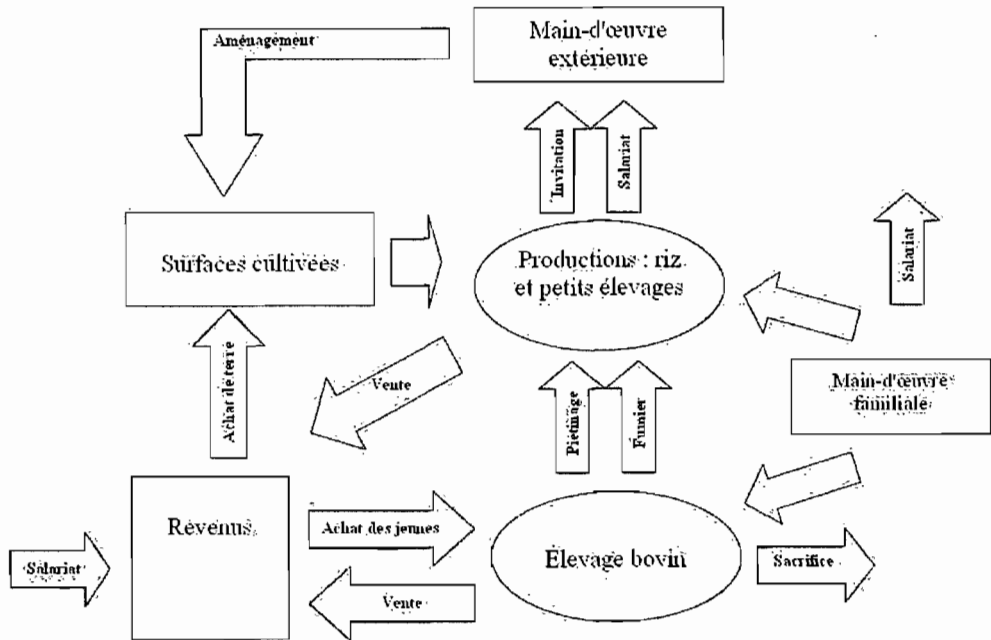


Figure 28. Relation entre surface, production, main-d'œuvre et élevage en savane et en lisière

En tant que résultat du " succès " de l'exploitation, le bétail n'est cependant jamais acquis sur la vente d'un surplus de production, car la production suffit rarement. Les paysans sacrifient en réalité une partie de leur récolte de riz en vue de l'achat de bovins, quitte à manger autre chose (maïs, tubercules) plus longtemps. Aussi la production de manioc, de patate, taro et maïs sont eux-mêmes des moyens indirects pour la capitalisation de terres et de cheptel. L'étude de Freudenberger *et al.* (1999) sur le village d'Andalandravao, un village betsileo en lisière de forêt), montre une situation semblable à la zone d'étude : les paysans vont jusqu'à s'endetter pour pouvoir acquérir un bœuf (Freudenberger *et al.*, 1999), contrairement à ce qui se passe chez les Bara où les surplus de production permettent aux paysans d'accroître leur bétail (Ranaivoarivelo, 2002 ; Ramanantsoa, 2002).

Dans la partie en savane de la zone d'étude, le bétail joue à son tour un rôle de réserve financière facile à réaliser pour acquérir ou louer des rizières quand l'occasion se présente.

En zone forestière, le bétail a la même importance qu'en savane mais la relation riziculture-élevage est moins intense. La baisse actuelle du cheptel forestier, tandis que celui de savane est stable, indique d'ailleurs que la situation était auparavant différente, et l'élevage forestier plus important. La plupart des rizières sont tourbeuses donc n'ont pas besoin d'être piétinées. En dehors d'une relative sécurité, l'élevage ne se réalise pas dans de bonnes conditions " en forêt ", et celles-ci se dégradent avec l'abandon de l'entretien des savanes incluses (feux interdits) et l'apparition récente de la distomatose non traitée. La stratégie paysanne de renouvellement du troupeau est plutôt axée sur la reproduction. Le bétail y remplit plus un rôle social, de thésaurisation et de production animale qu'il ne sert d'outil agricole ou de facilitateur d'accès à la terre, l'acquisition des terres ne se faisant pas par achat ou location mais par défriche et aménagement. On se rapproche du rôle de l'élevage du Sud de Madagascar. En retour, l'existence de ce cheptel-capital est un atout pour mieux supporter une éventuelle limitation de l'accès aux terres forestières, et favoriser une éventuelle intensification résultante.

Relation entre l'agriculture et l'élevage

L'étude des pratiques et des systèmes de production a renvoyé à de multiples rapports entre agriculture et élevage, directs ou indirects. Le partage de la main d'œuvre en est un. Une concurrence existe entre l'agriculture et l'élevage, atténuée par la répartition des tâches dans la journée et un large recours à la main d'œuvre infantine. L'exiguïté de l'espace de pâturage et sa mauvaise qualité, exigent une forte mobilisation de main-d'œuvre et une organisation complexe : le gardiennage l'après midi, et la coupe de fourrage de qualité sur des espaces inaccessibles par le troupeau en profitant des chantiers agricoles. Les éleveurs sont obligés " de servir leur troupeau ". Le gardiennage est aussi obligatoire en raison de l'extension croissante des cultures sur les *tambohos* eux-mêmes. Au cours de ses investigations sur le village d'Andalandravao (Shoomaker-Freudenberger, 1998) a aussi rapporté que la surveillance du bétail constitue une grande partie de l'emploi du temps des hommes et des jeunes.

De l'élevage extensif vers un élevage sédentaire et de faible effectif

L'élevage extensif ancien

Le corridor était un zone de pâturage et d'élevage extensif, en semi-liberté, avant la mise en place du Parc National de Ranomafana. Savanes incluses, marécages et certains sous-bois graminéens étaient pâturés. Selon les renseignements pris sur place, de multiples troupeaux d'une dizaine de têtes appartenant à plusieurs villages (Ambanja, Amindrabe) pâturaient les savanes incluses d'Anjavidy, au centre du corridor avant 1990. Actuellement les hameaux forestiers situés à proximité exploitent encore ces pâturages mais sans pouvoir les entretenir. Dans la partie est du parc national de Ranomafana, cette pratique de l'élevage extensif en zone forestière existait encore en 1994 (Rakotoniaina, 1994). Le propriétaire rendait visite à son troupeau une fois par semaine pour conserver un contrôle et ramener les animaux vers les pâturages les plus riches ou les empêcher d'aller trop loin. En septembre-octobre, le bétail revenait au village pour le piétinage des rizières (Rakotoniaina, 1994). L'existence de cette pratique ancienne dans la zone d'étude a été aussi rapportée par Blanc-Pamard et al. (2005). Avant 1990, les animaux étaient conduits en zone forestière après la période de piétinage, en novembre, et ramenés, de janvier à mars, durant la saison pluvieuse. Les *tapoka*, des marécages ou des bas fonds, qui servaient autrefois de zones de pâturages en zone forestière sont aménagés en rizière en deuxième moitié du 20^{ème} siècle, avec une accélération après 1990. Dans les années 1950, on comptait une centaine de têtes au village d'Ambendrana comme en témoigne la taille importante de certains parcs à bœufs qui pouvaient contenir une douzaine de têtes. A cela s'ajoutait l'élevage forestier, une partie des bœufs était ramenée au village, une autre restait en zone forestière (Blanc-Pamard & Ralaivita, 2004 ; Blanc-Pamard et al., 2005). Dans le *fokontany* d'Amindrabe, la partie forestière de la zone d'étude, la même pratique existait avant 1990, mais avec la limitation par la réglementation du PNR, et la colonisation agricole des bas-fonds, l'élevage extensif en zone forestière a disparu. Moreau (2002) confirme cependant ce rôle pastoral dans la partie Sud du corridor, où l'élevage extensif a toujours cours.

On peut certainement attribuer à cet élevage extensif ancien de grands dégâts cumulés sur les écosystèmes forestiers : feux d'aménagement ou d'entretien étendant les savanes incluses et fourrés (aujourd'hui 50% de la bande ouest du corridor est marquée par le passage de feux anciens ou récents, Serpantié et al., 2006), diffusion de certaines plantes envahissantes (*Psidium cattleianum*) qui empêchent par endroit que les jachères se régénèrent en nouvelles forêts (Carrière et al., 2005). On ignore s'il existe des effets écologiques positifs directs. L'un d'entre eux, indirect, pourrait-être le désir des éleveurs de limiter l'emprise agricole sur la forêt de lisière pour conserver à l'intérieur du corridor son rôle pastoral de " parc " sécurisé. Une telle division de domaines pastoraux et agricole est très nette à Ambohimahamasina, au Sud du corridor.

L'élevage forestier d'aujourd'hui : une transition

L'ancienne importance de l'élevage en forêt diminue aujourd'hui au profit de l'agriculture dans les zones forestières, comme elle l'a d'ailleurs fait dans les savanes de lisière au début du 20^{ème} siècle (voir chap. 5). Avec la croissance démographique et la saturation des bas-fonds en lisière, les unités de production étendent leurs surfaces cultivées vers la zone forestière. Les bas fonds qui ont servi d'espace de pâturage dans le passé sont convertis peu à peu en rizières (Moreau, 2002 ; Blanc-Pamard & Ralaivita, 2004). De même les *tamboho*, pâturages villageois de lisière sont envahis par les cultures pluviales et les plantations forestières, imposant un gardiennage. D'autres travaux dans la zone d'étude ont montré la complémentarité (Ianière et al., 2005) montrant l'usage pastoral des jachères arbusives en complément des pâturages pseudo-steppiques à kifafa et, également dans certains cas, la concurrence entre espaces pâturés et cultivés (Gondard et al., 2004). Lorsque les parcelles de culture gagnent sur les espaces à vocation pastorale, cela se traduit par une perte de pâturage libre mais partiellement compensée par un gain en résidus et en jachères *kilanjy*, plus recherchées.

Depuis la disparition de l'élevage extensif du cheptel " en forêt ", l'élevage y est devenu sédentaire, et conduit à proximité de la ferme. Les feux d'entretien ont été abandonnés. Il a donc beaucoup moins d'impact en terme écologique. Mais le rôle direct de l'élevage pour l'agriculture (travail, piétinage, fumier) reste pour l'instant réduit du fait des parcelles petites et des caractéristiques des sols : tourbeux en bas-fonds et fertiles sur les pentes. Avec l'amélioration progressive des rizières (apports de terre), et la dégradation de la fertilité des sols, il jouera un rôle croissant pour l'agriculture et sa stabilisation. Il représente une activité productive. Dans cet esprit, le type d'élevage actuel limite la rapidité de la conquête agricole de la forêt ou son exploitation temporaire et favorisera une intensification quand elle s'avèrera nécessaire.

Même en lisière, l'utilisation de la fumure reste balbutiante et peut progresser, à l'instar de ce qui a eu lieu en savane. Les paysans n'ont toujours pas pris l'habitude de mettre de paille dans leur parc (une pratique vue seulement à Andoharena), de produire individuellement leur fumier (gestion collective encore fréquente), de protéger le fumier de la pluie, de transporter le fumier avec des charrettes etc. Certaines pratiques introduites (SRI, cultures de contre-saison, pisciculture) développent l'utilité du fumier. Avec l'interdiction de la culture sur brûlis au dépens de forêts et vieilles jachères, les paysans sont désormais obligés d'exploiter les terres au voisinage des villages, ce qui nécessitera plus l'apport en engrais. De ce point de vue l'individualisation du parc peut être perçue comme positive.

Conclusion

Nous avons cherché à comprendre ce que l'on perdrait sur le plan du fonctionnement d'un système agraire à renoncer à l'élevage forestier, au nom de la conservation. Il a été constaté que l'élevage bovin sédentaire actuel qui a remplacé l'ancien élevage extensif, occupe une place importante en forêt, similaire à la savane, mais pour l'instant ses rôles diffèrent.

Sur le plan environnemental, l'élevage sédentaire constitue un progrès indéniable. Le travail qui lui est consacré remplace les feux d'aménagements et d'entretien des pâturages extensifs. Cette activité vient en substitut de pratiques de production qui seraient réalisées au détriment de la couverture forestière. Elle facilitera l'intensification à venir. Du fait de la concurrence sur le travail, les paysans limitent leurs troupeaux au strict nécessaire, ce qui réduit les risques de sureffectifs nocifs pour l'environnement. C'est aussi le cas de l'insécurité, en lisière, qui limite la taille des troupeaux.

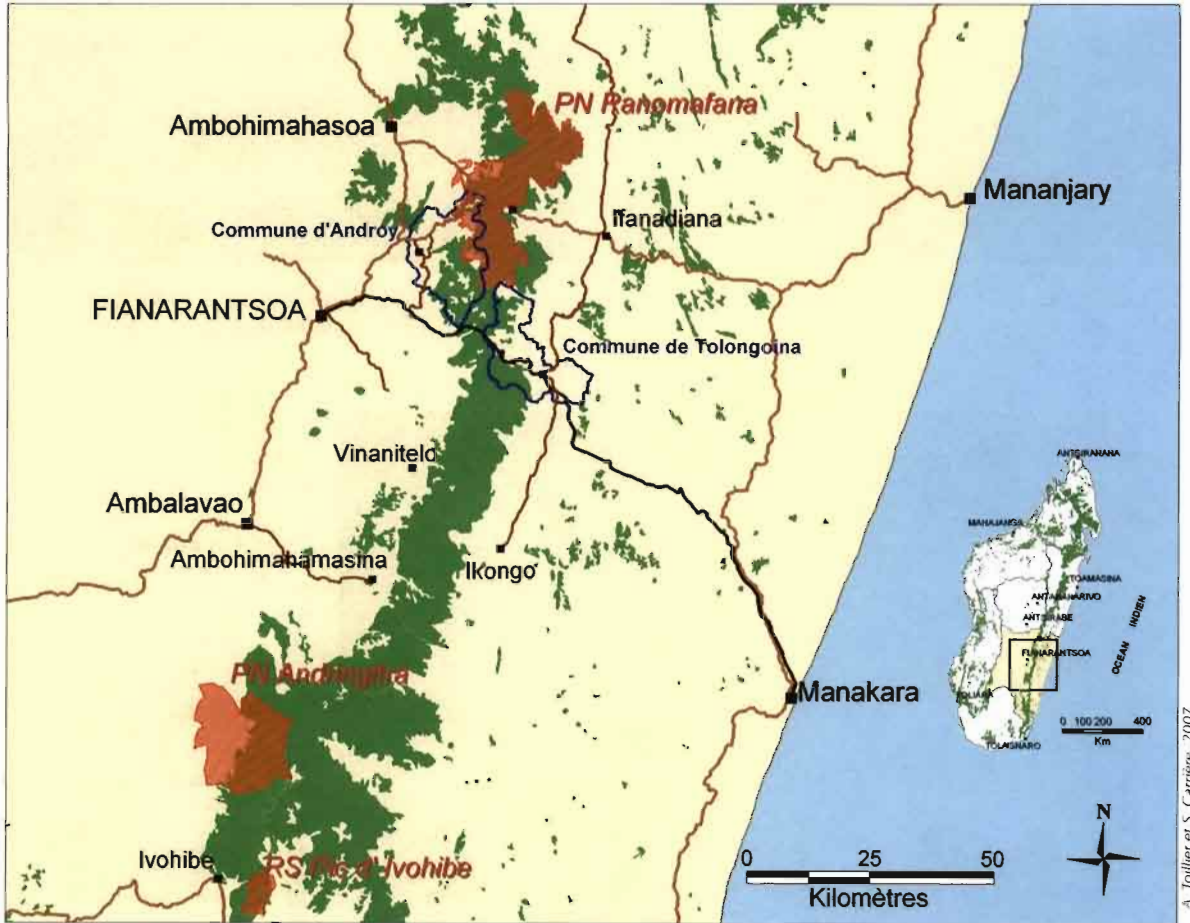
En savane, il existe une relation étroite entre agriculture et élevage bovin, plus précisément entre la riziculture et l'élevage. Cependant, en forêt, les apports de l'élevage à l'agriculture et donc à l'intensivité de celle-ci sont actuellement moindres qu'en savane, du fait des sols tourbeux des rizières

et des sols forestiers plus riches. Cette situation changera avec la réduction de la fertilité et l'amélioration progressive des rizières. On a donc aujourd'hui une situation transitoire. En revanche, il joue déjà un rôle essentiel dans le système agraire, thésaurisation, réserve financière, de production animale.

L'existence de ce troupeau montre que les conditions économiques de vie en forêt permettent une certaine accumulation mais ni plus, ni moins qu'en savane. Cette activité n'est donc pas à négliger. Avec la réduction des aires de pâturage " en forêt " (aménagement des bas-fonds) et l'arrêt de l'entretien des savanes incluses du fait des règlements de conservation, de nouvelles maladies apparues entre temps (distomatose), la concurrence sur le travail, le cheptel forestier tend cependant à diminuer, ce qui marque une certaine fragilité. Une meilleure maîtrise du risque sanitaire (déparasitages) et de l'habitat (parcs drainés) pourrait améliorer l'état sanitaire de ce troupeau utile. L'amélioration du pâturage de jachères et l'utilisation de résidus de canne pourrait venir en aide à cet élevage en saison sèche.

Au contraire, supprimer cet élevage forestier déséquilibrerait fortement les systèmes de production et rendrait délicate l'adaptation à la dégradation des sols et aux futurs besoins de piétinage. Il n'en reste pas moins que comme toute activité rurale, une surveillance concernant son impact environnemental est nécessaire.

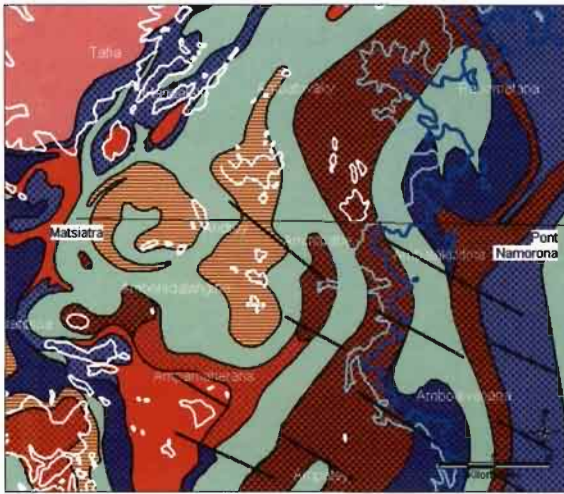
CARNET CENTRAL



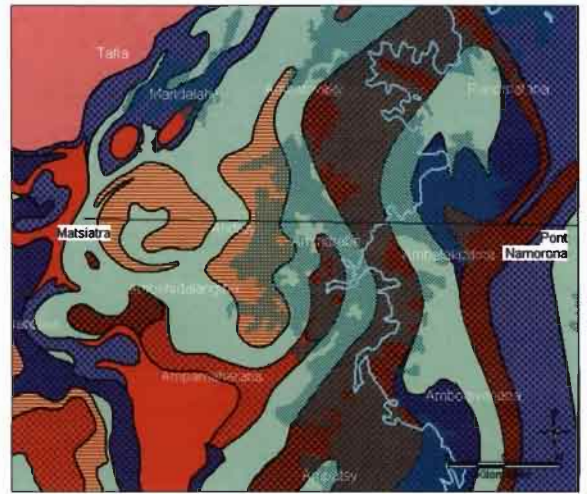
Sources : BD 500 FTM ; Inventaire IEFN 1994 ; ANGAP ; DIREEF

- | | | |
|----------------------|-------------------|---|
| ■ Villes secondaires | — Route Nationale | □ Communes des principaux sites d'étude |
| ■ Villes principales | — Route Communale | ■ Aires Protégées |
| | — Voie ferrée | |

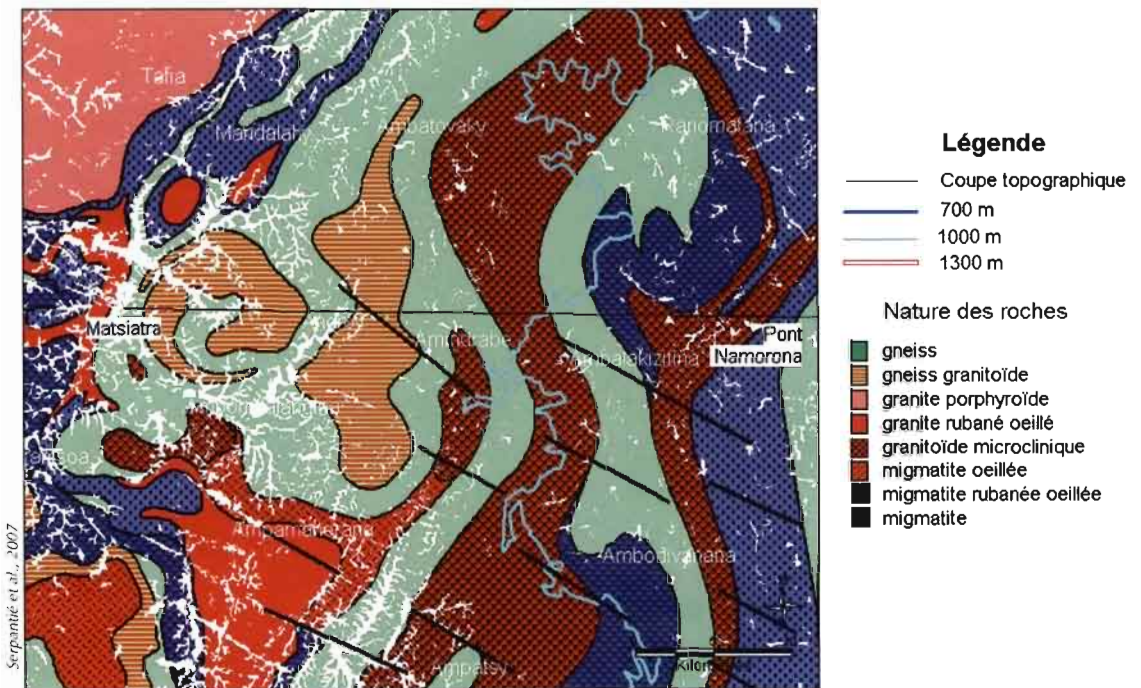
Figure carnet central 1. Localisation des sites d'étude



a. Situation des reliefs et des fractures du socle



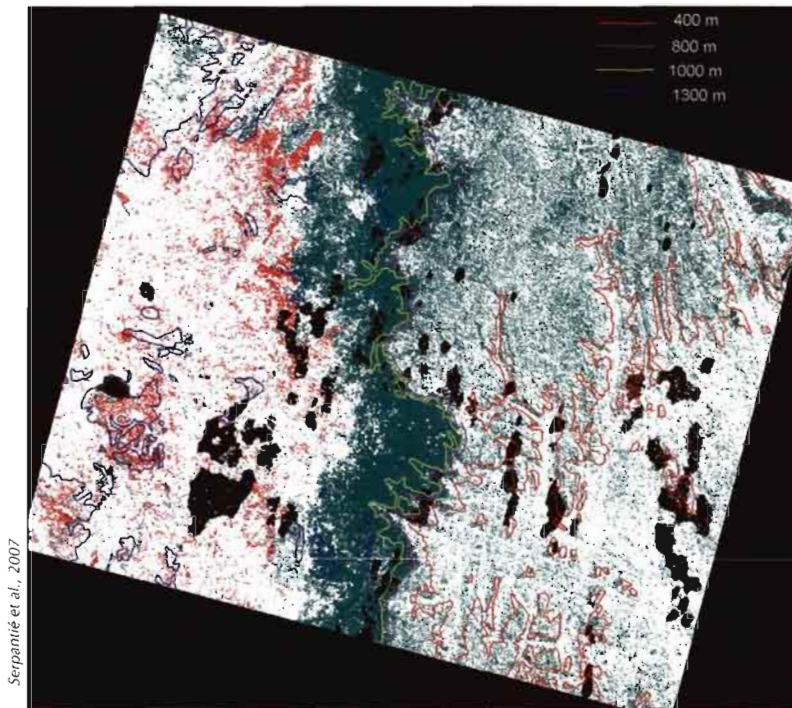
b. Situation de la forêt par rapport au substrat et au haut de l'escarpement



Sources : Chantraine, 1967 ; BD 500 FTM

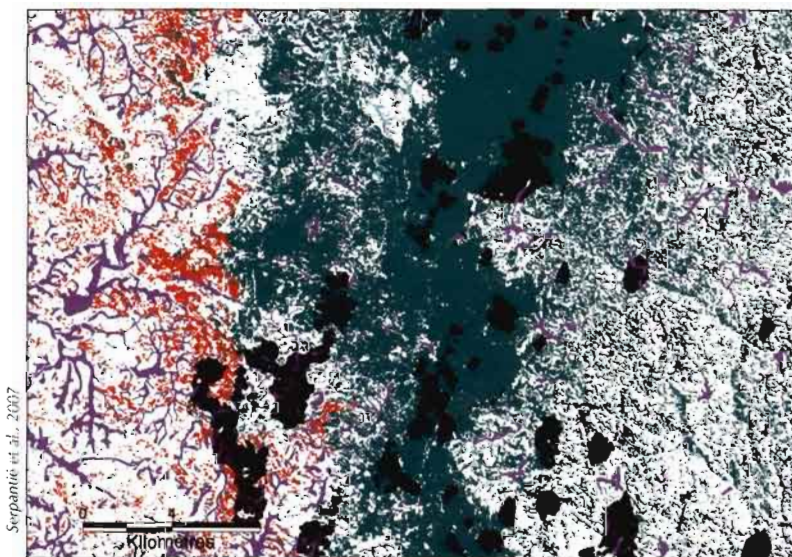
c. Géologie et position des unités géomorphologiques : la présence de bas-fonds en " bois de cerf " (en blanc) révèle les zones de reliefs dérivés de la surface III.

Figure carnet central 2. Principaux traits topographiques et forestiers comparés à la carte géologique



Serpantié et al., 2007

a. Couverts boisés (vert : couvert boisé naturel ; rouge : couvert boisé planté ; noir : nuages)

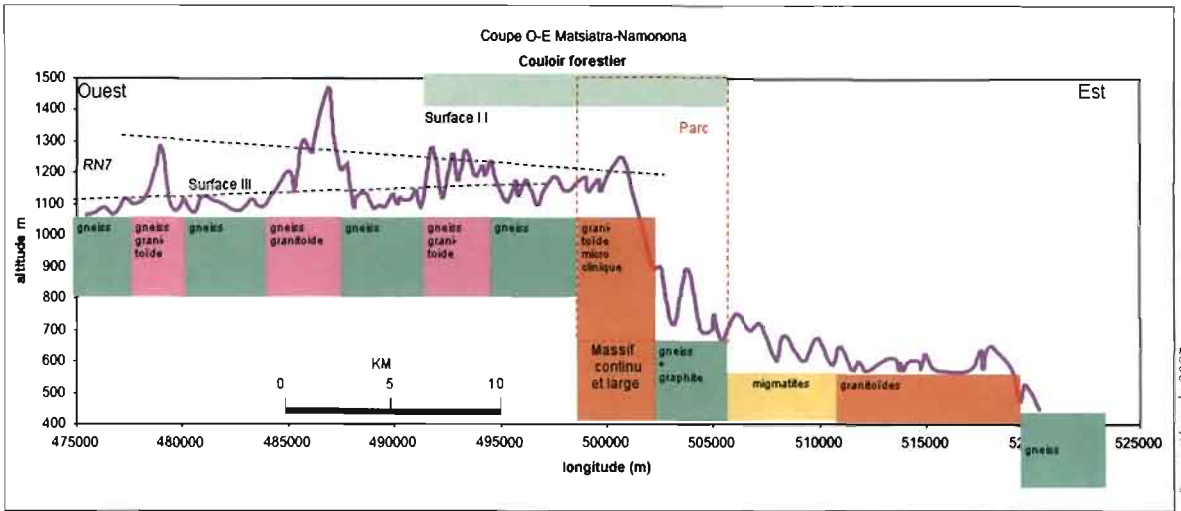


Serpantié et al., 2007

Sources : SPOTIMAGE mars 2004 © CNES ISIS ; BD 500 FTM

b. Détail : Rizières et couverts boisés

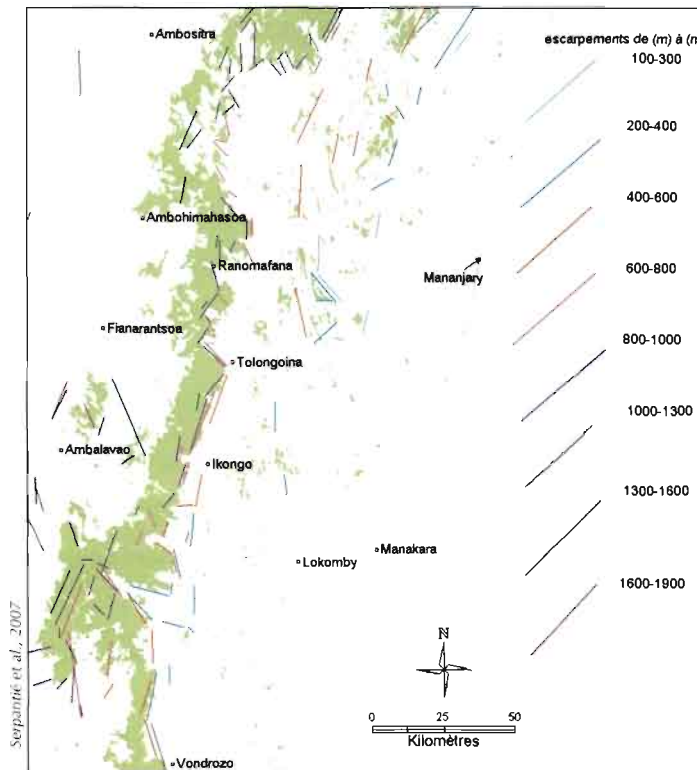
Figure carnet central 3. Relations régionales entre topographie et paysages végétaux



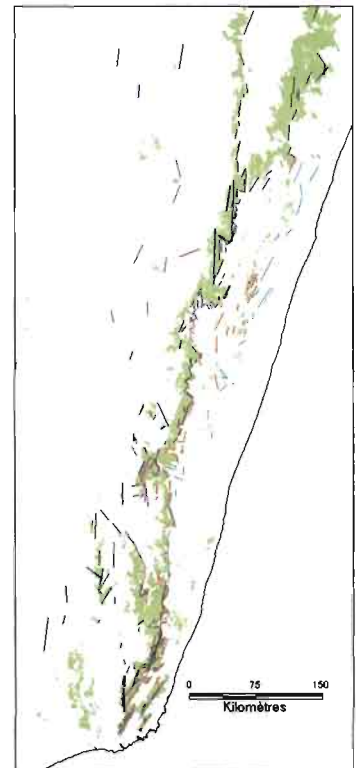
Serpanitié et al., 2007

a. Coupe topographique Matsiatra-Namorona (tracé fig 2)

Orange : granites, granitoïdes ; rose : orthogneiss, gneiss granitoïdes ; vert ; gneiss ; jaune : migmatite

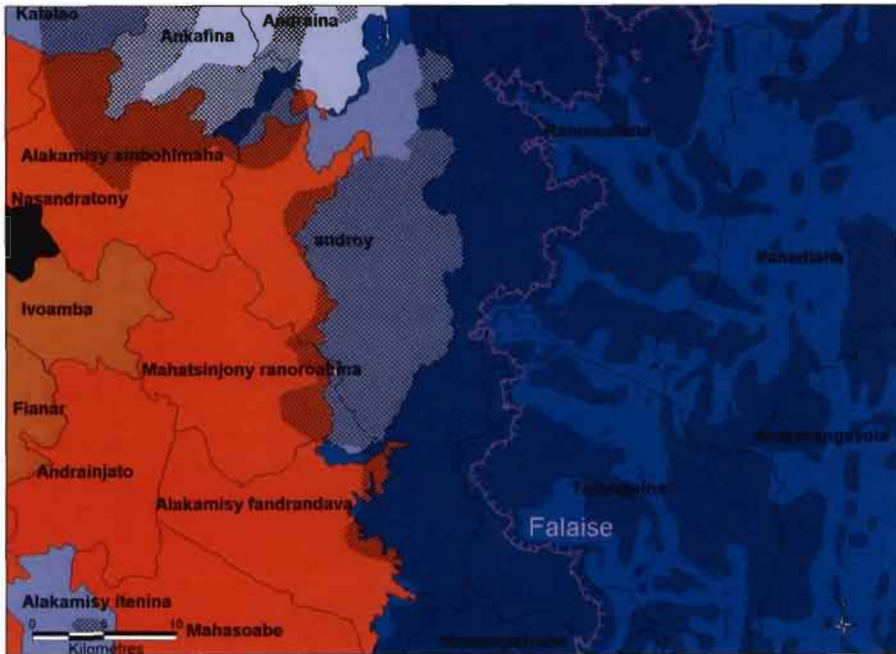


b. Relation entre escarpements et couvert forestier, à l'échelle régionale

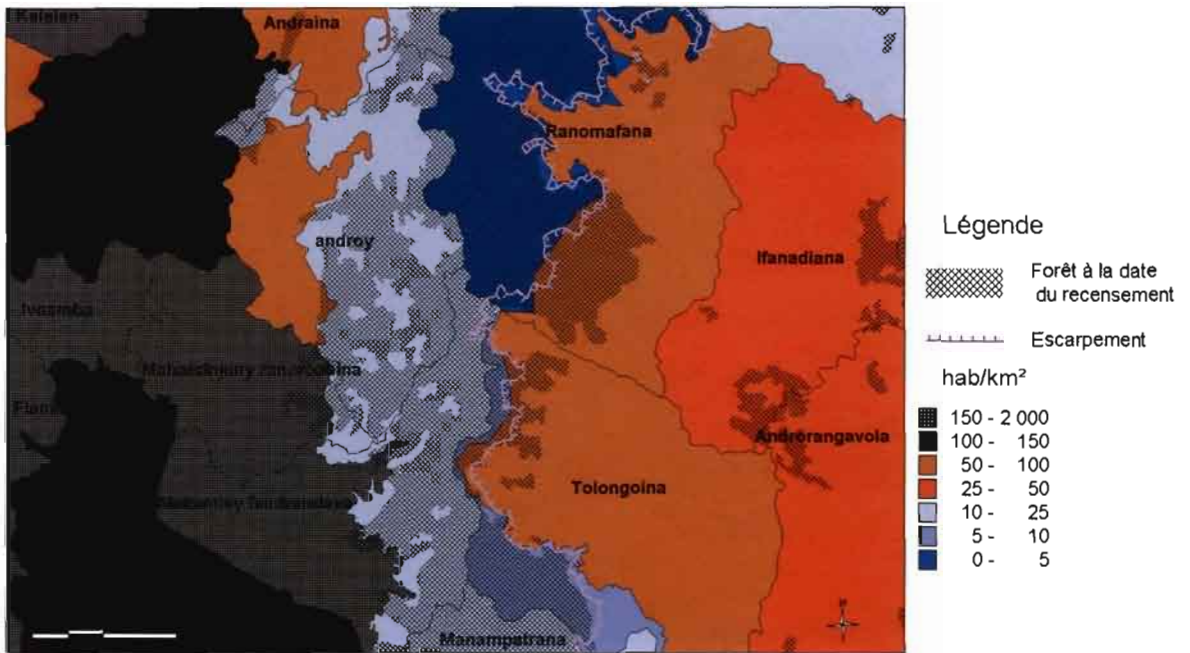


c. Généralisation pour l'Est malgache

Figure carnet central 4. Topographie régionale et situation des reliques de forêts naturelles

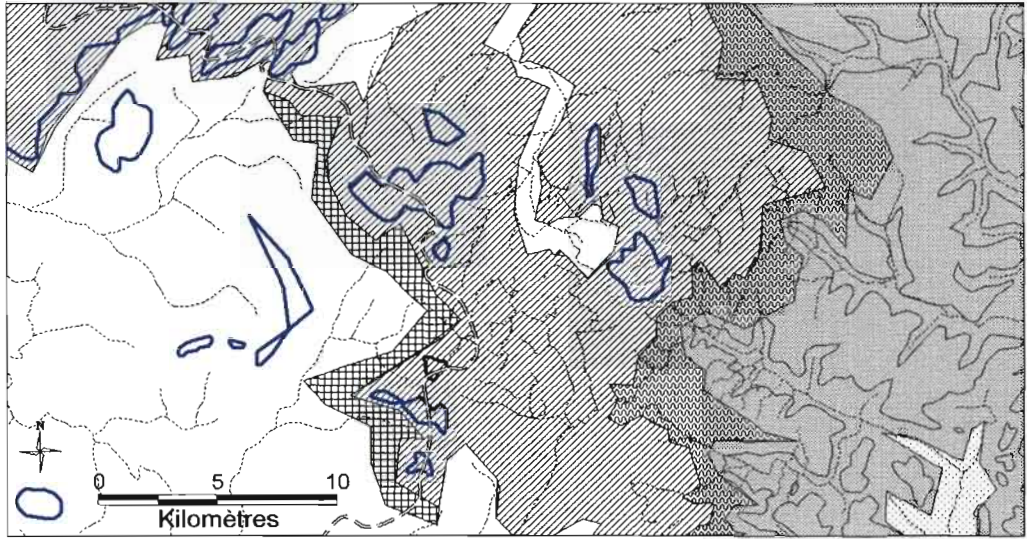


a. 1936



b. 1993

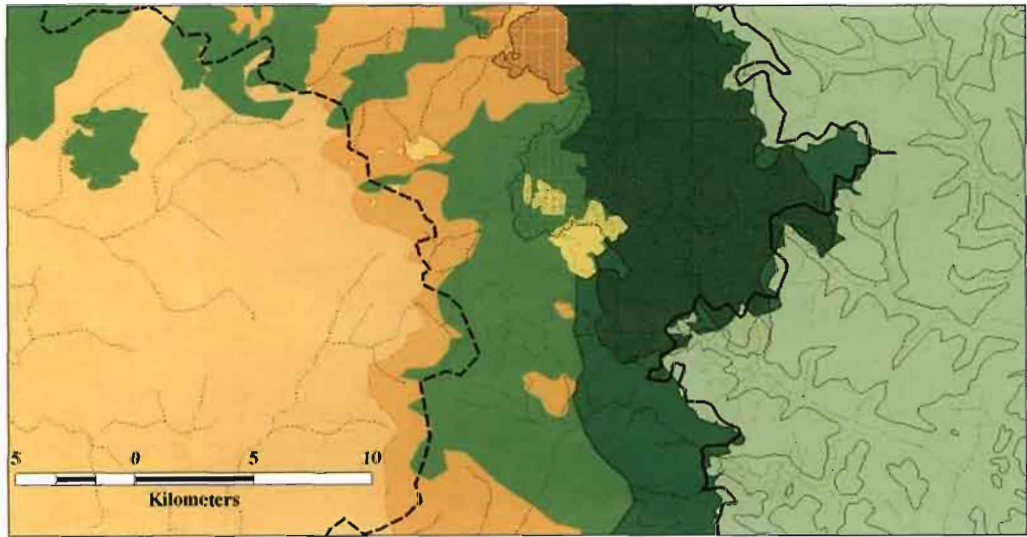
Figure carnet central 5. Relation entre topographie et densité de population



Serpannie et al., 2007

Légende

- Cours d'eau ===== Ligne de partage des eaux - - - C. Niv.600m
- hauts-reliefs résiduels et surface II peu remaniée (1300m et plus)
- relief dérivé de surface II (1300m W, 1000m E)
- raccord surface II-surface III (1150-1250m)
- relief dérivé de surface III et gouttière centrale (1000m W-1150m E)
- escarpement (700-1000m)
- collines polyédriques hautes (500-700m)
- collines polyédriques basses (400-500m)



Carte de végétation (Sources, Carrière et Ratsimisetra, 2007).

- Zone d'étude
- Ligne failtère
- Courbe de niveau 800 m falaise est
- Réseau hydrographique
- Courbes de niveau 600 m
- Parc national de Ranomafana
- Mosaïque de formations herbacées, cultures, rizières et reboisements
- Mosaïque de forêts hautes peu perturbées et secondarisées
- Mosaïque de forêts basses à dominante secondaires et fourrés
- Mosaïque de fourrés post-feux, post-agricole et lambeaux forestiers
- Mosaïque de formations herbacées et de fourrés post-feux
- Mosaïque de cultures de tavy, fourrés et lambeaux forestiers

Figure carnet central 6. Unités morphologiques et relations avec le paysage végétal

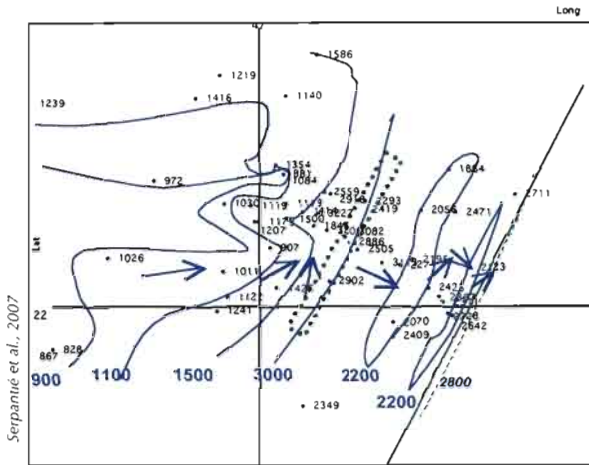


Figure carnet central 7.
Répartition des postes
disposant de données
climatologiques.
Isohyètes (mm) construites
par interpolation

Serpantié et al., 2007

Figure carnet central 8.
Comparaison de la carte
des couverts forestiers
actuels (IEFN, 1994) et
de la carte bioclimatique
de Cornet (1974)

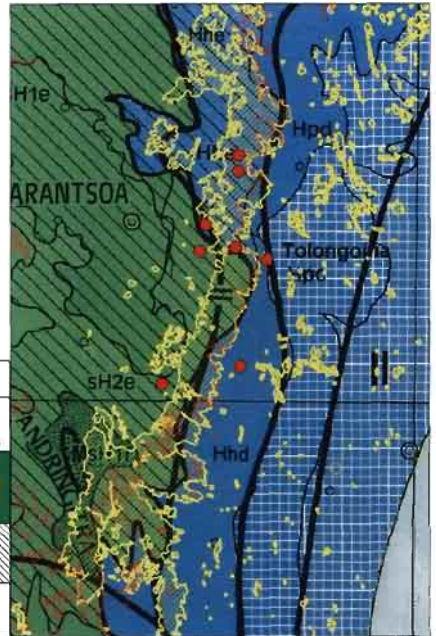
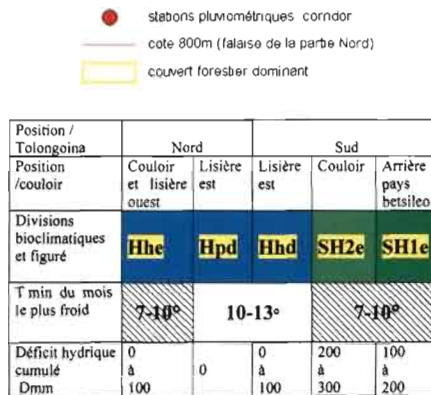
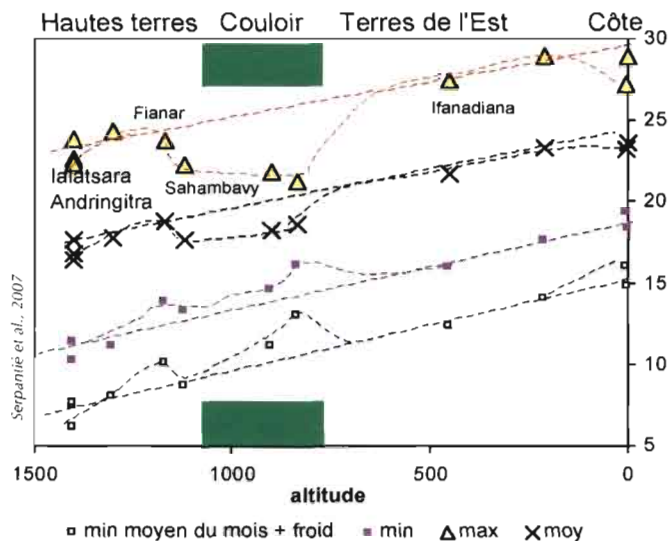


Figure carnet central 9.
Températures en fonction
de l'altitude, sur un transect
allant des Hautes Terres à
la côte



Serpantié et al., 2007

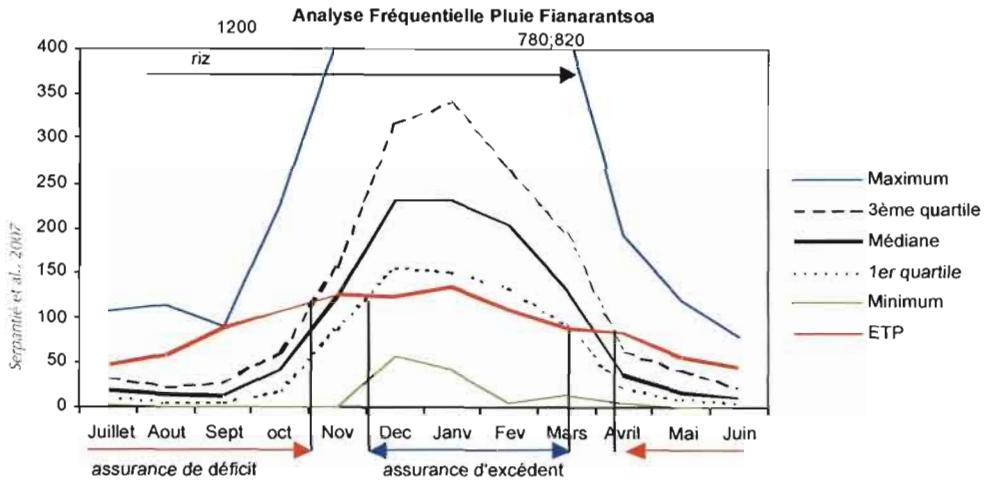


Figure carnet central 10. Analyse fréquentielle du bilan d'eau, poste de Fianarantsoa-Beravina

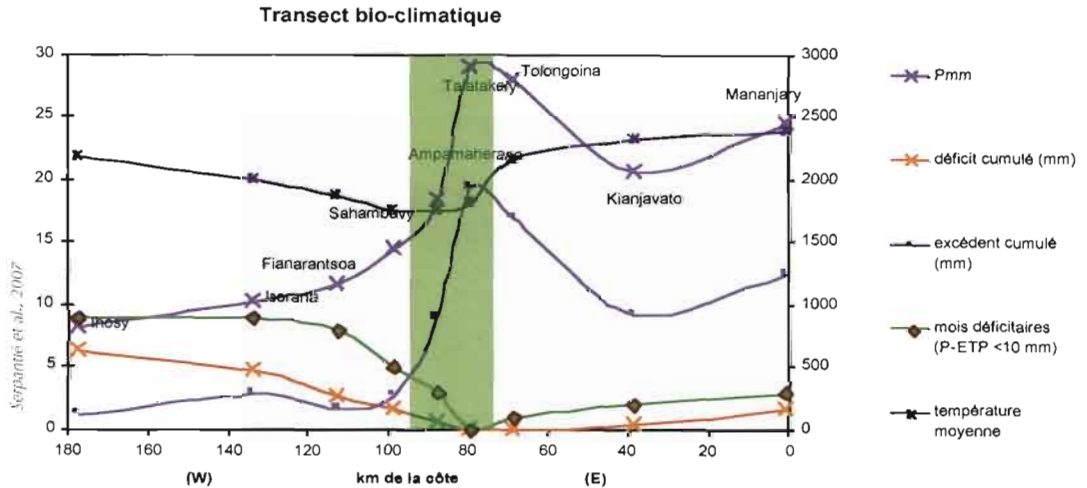


Figure carnet central 11. Transect agro-climatique

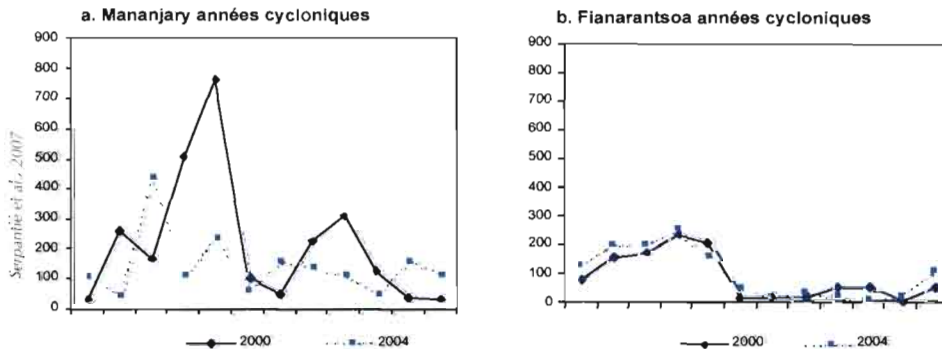


Figure carnet central 12. Pluviosités lors d'années riches en épisodes cycloniques

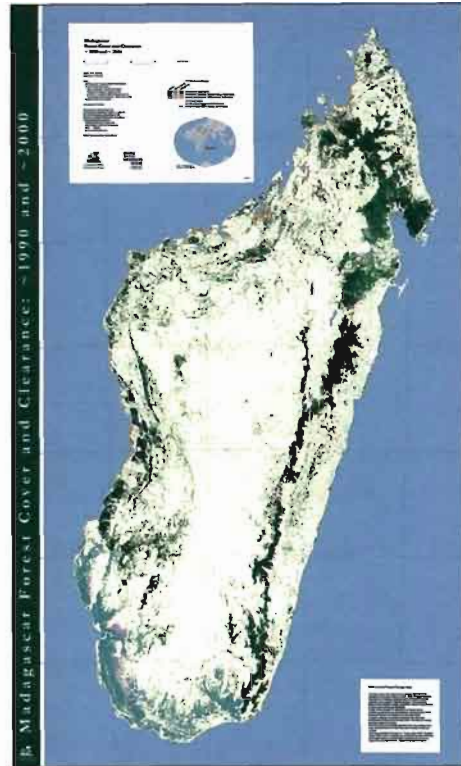
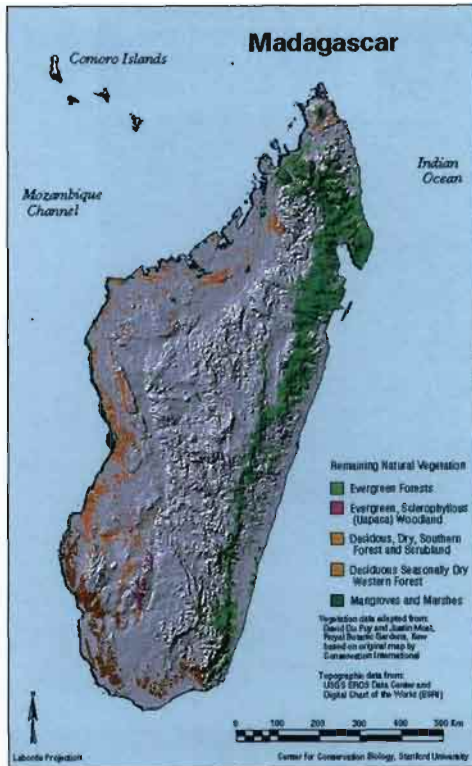
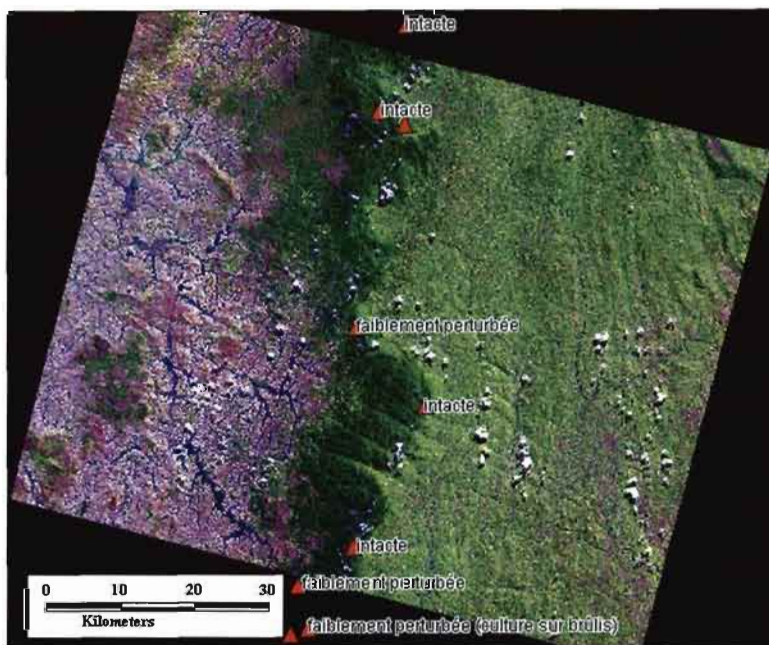


Figure carnet central 13. Représentation homogène des forêts de l'Est



Sources : SPOTIMAGE mars 2004 © CNES ISIS

Figure carnet central 14. Points de localisation des inventaires forestiers effectués par l'équipe Goodman et Razafindratsita (2001)

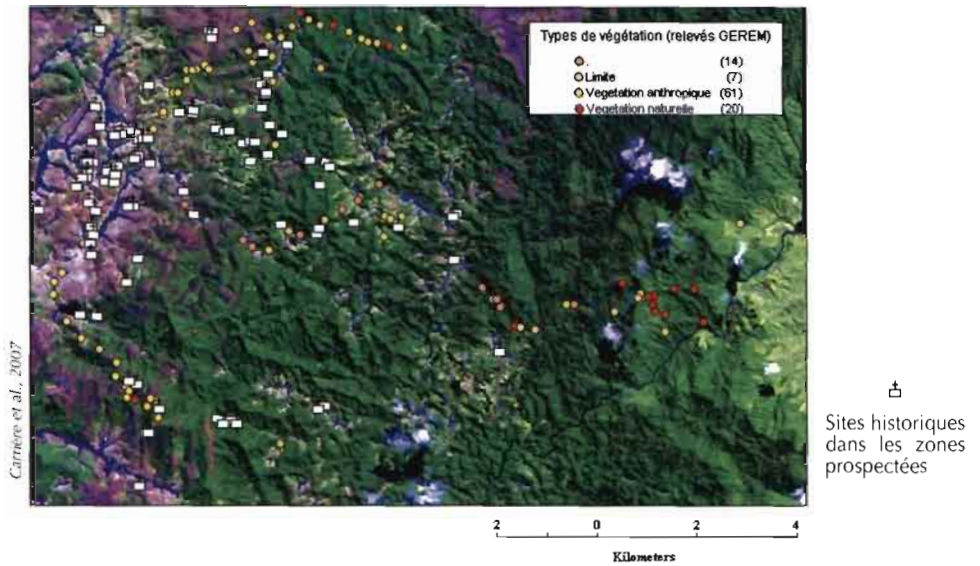


Figure carnet central 15. Carte de localisation des sites historiques dans la forêt en blanc et des sites d'études de la végétation (la forêt est représentée en vert, les bas-fonds et cours d'eau en bleu, les zones de végétation herbacée en rose)



Planche photographique 1. Tombeaux (a) ; sites sacrés en forêt (b) ; recrû forestier post-cultural en zone de forêt mature (c)

© IRD S. Carrière



© IRD S. Carrière

© IRD S. Carrière



© IRD S. Carrière

© IRD S. Carrière

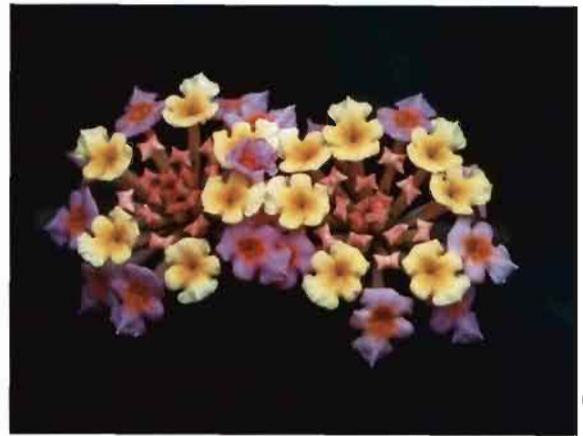


© IRD S. Carrière

Planche photographique 2. Paysages variés en lisière ouest du couloir Ranomafana-Andringitra



© IRD S. Carrière



© IRD S. Carrière



© IRD S. Carrière



© IRD S. Carrière



© IRD S. Carrière



© IRD S. Carrière

Planche photographique 3. (a) *Psidium cattleianum* (Myrtaceae), espèce invasive très répandue dans la région du couloir forestier Ranomafana-Andringitra ; (b) *Lantana camara* (Verbenaceae) espèce invasive à Madagascar ; (c) Paysages alternant rizières et plantations en taillis d'eucalyptus ; (d) forêts plantées de *Pinus* spp ; (e) Exploitation du bois d'eucalyptus par les scieurs de long, vente du charbon de bois et du miel d'eucalyptus dans la région de Fianarantsoa ; (f) Importance du bois d'eucalyptus dans la construction des maisons en lisère du couloir forestier Ranomafana-Andringitra



© IRD S. Carrière



© IRD A. Taillier



© IRD M. Derycke



© IRD S. Carrière



© IRD A. Taillier



© IRD A. Taillier



© IRD S. Carrière



© IRD S. Carrière

Planche photographique 4. Produits de collecte en zone forestière (fibre, miel, panier de bambou, plantes médicinales, manches d'angady, écrevisses, joncs, bambou)



a : Zone de " savane " (zone 1)



b : Zone de " lisière " (zone 2)



c : Zone de " forêt " (zone 3) : aménagement d'un bas-fond et défriche des versants ; habitat isolé



d : Zone de " forêt " (zone 3) : hameau isolé au cœur du corridor

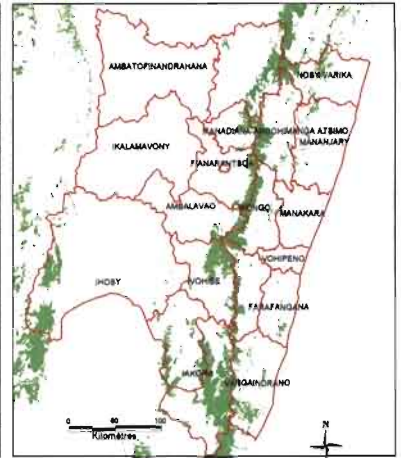
Planche photographique 5. Sous-zones agro-écologiques au sein du territoire du fokontany d'Iambara, lisière ouest du corridor, pays betsileo



a. Grandidier (1875) original
1/6.000.000



a. Sibree (1880) original
1/10.000.000



c. Base de données 500 FTM,
d'après carte IEFN (1994)
au 1/500.000

Figure carnet central 16. Comparaison des cartes de forêts denses à petite échelle 1875-1994 (repères rouges : divisions administratives des *fivondronana* de 2005)

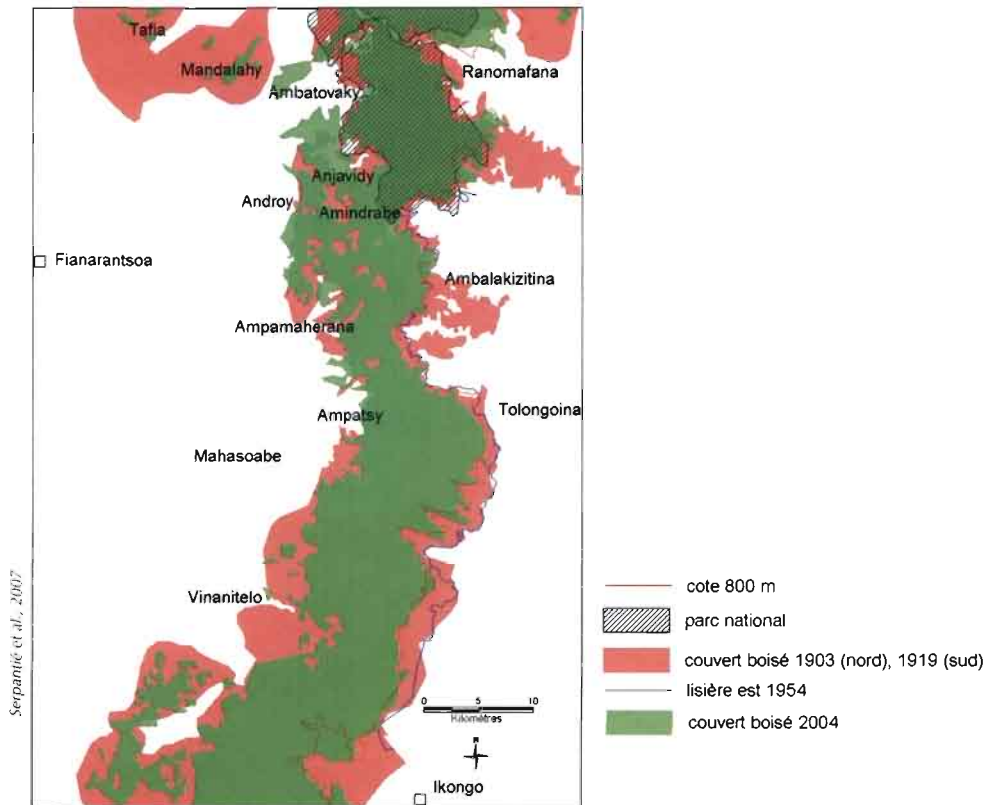


Figure carnet central 17. Reculs des limites entre 1903 et 2004 (limite ouest du couvert boisé dominant, limite est du couvert boisé continu)



a. Photo-interprétation (auteurs)
Couvert boisé dominant = 24%

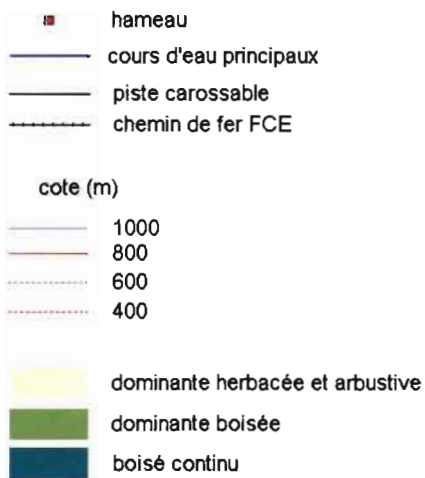
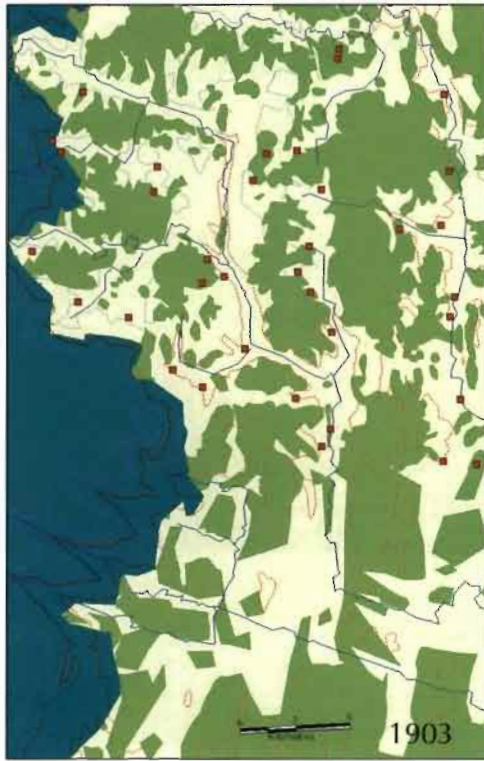


b. FTM 1/100.000 Eds. 1968, 1975
Bois = 60% au Nord ; 75% au Sud



c. Humbert & Cours-Darne 1965 1/1.000.000
Forêt = 80%

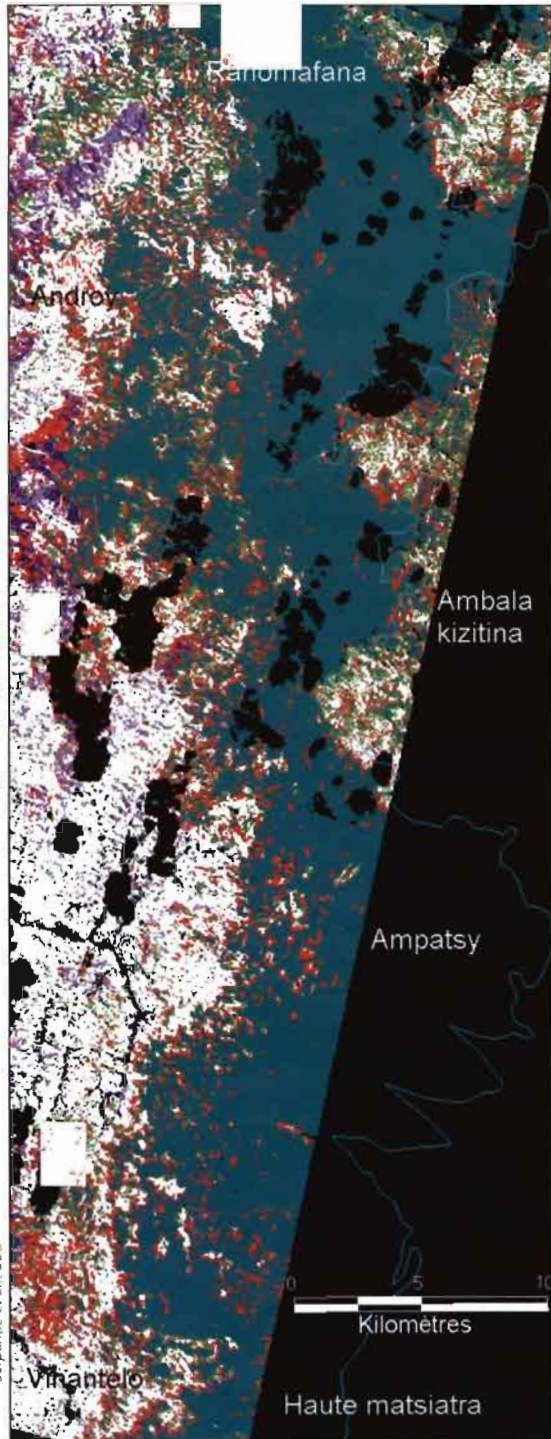
Figure carnet central 18. Cartes des couverts boisés tanala (basse altitude) de 1954-1957, de différents auteurs et à différentes échelles, toutes réalisées selon photos IGN 1/50.000 de 1954 (Nord) et 1957 (Sud)



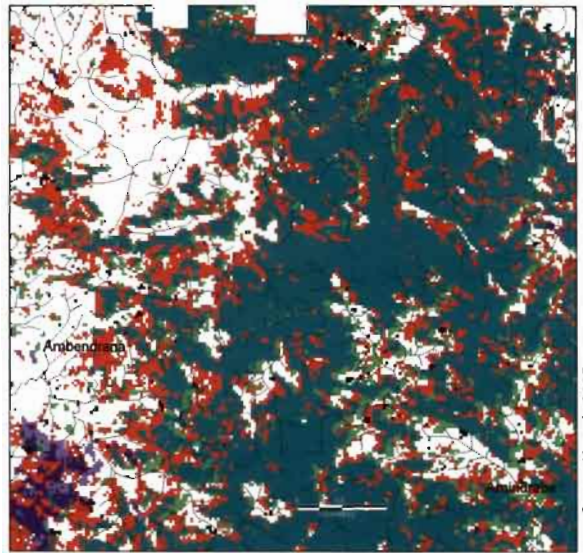
Sources : Delpy 1903 : Photographie I.G.N 1954-57 ; SPOTIMAGE 2004 CNES ISIS



Figure carnet central 19. Evolution des couverts végétaux en pays tanala










Corridor Nord



Région d'Androy Sud

LEGENDE

-  Nuages
-  Cote 800m
- Sans changement**
-  Boisé
-  Plantations
-  Non boisé
- Changement**
-  Boisé 1993, Non boisé 2004
-  Non boisé 1993 Boisé 2004

Sources : Landsat TM 1993
SPOTIMAGE - CNES ISIS 2004

Figure carnet central 20. Evolution des couverts végétaux entre 1993 et 2004

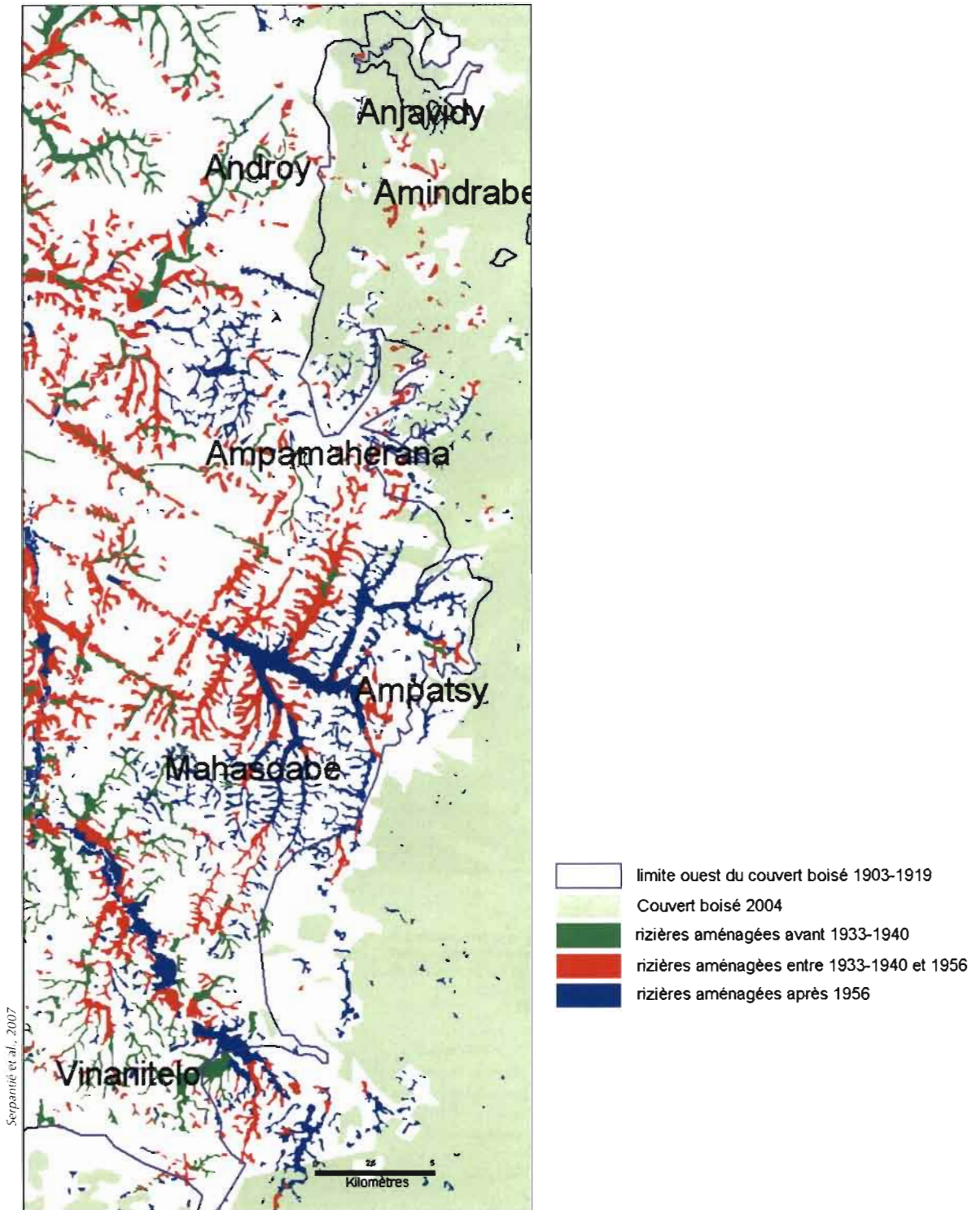
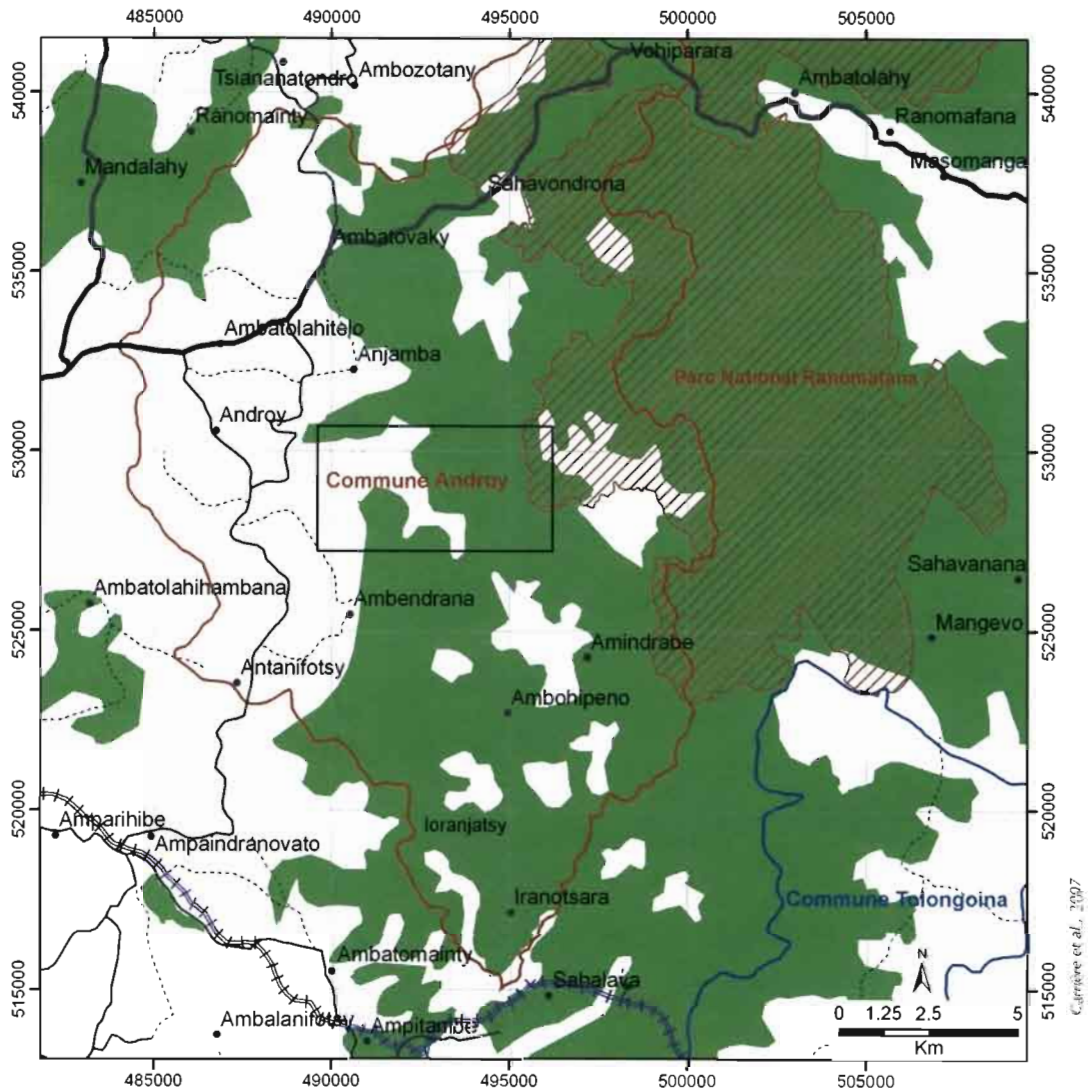
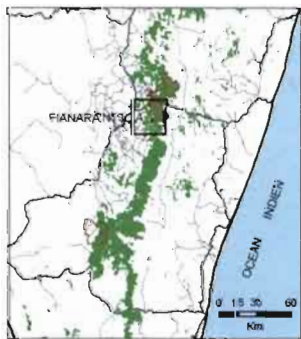


Figure carnet central 21. Dynamique régionale d'aménagement des bas-fonds en rizières à l'Ouest du corridor



Carrière et al., 2007



Localisation de la commune Androy, Tolongoina et du PN Ranomafana (Province de Fianarantsoa)

Légende

- Forêt
- Limite PN Ranomafana
- Limite commune Androy
- Limite commune Tolongoina
- Villages
- Route Principale
- Route Secondaire
- Chemin de fer
- Piste

Sources : BD 500 FTM, Inventaire IEFN 1994, ANGAP
Projection : Laborde

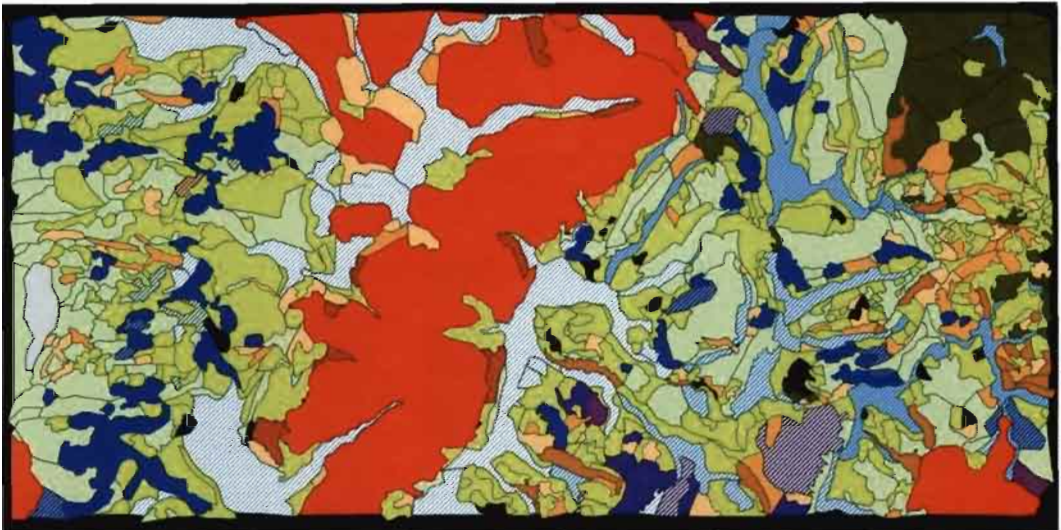
Figure carnet central 22. Carte de localisation de la commune d'Androy au Sud-Ouest du parc national de Ranomafana



Carrière et al., 2007

1954 (a)

- | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------|---------------|
| CULTURE | RECRUS ARBORES | FORET MATURE | MIMOSA+RECRUS |
| CULTURE+RECRUS | RECRUS ARBUSTIFS | EUCALYPTUS | VILLAGE |
| RECRUS+CULTURE | RECRUS HERBACES | EUCALYPTUS+PSEUDO-STEPPE | EAU |
| VERGERS | PSEUDO-STEPPE | MIMOSA | FALSAIE |
| RIZIERE | | | |

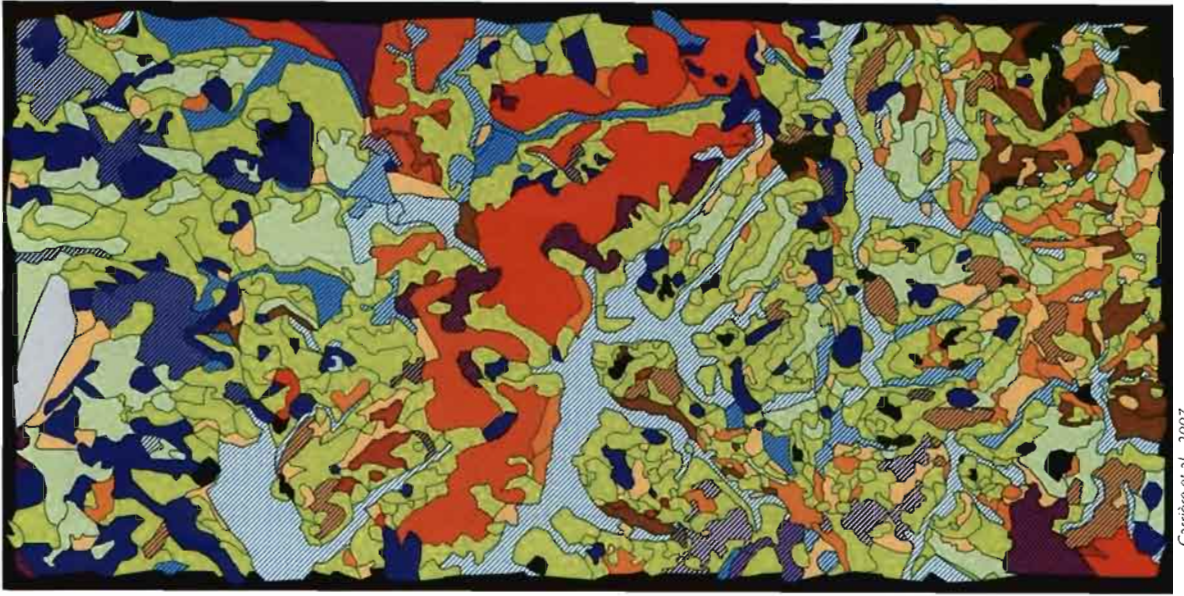


Carrière et al., 2007

1991 (b)

- | | | | |
|----------------|-------------------------|--------------------------|-------------------|
| BRULIS | RIZIERE | FORET MATURE | MIMOSA |
| CULTURE | RIZIERE+RECRUS HERBACES | PIN | MIMOSA+EUCALYPTUS |
| CULTURE+RECRUS | RECRUS ARBORES | EUCALYPTUS | MIMOSA+RECRUS |
| RECRUS+CULTURE | RECRUS ARBUSTIFS | EUCALYPTUS+PIN | VILLAGE |
| VERGERS | RECRUS HERBACES | EUCALYPTUS+PSEUDO-STEPPE | EAU |
| | PSEUDO-STEPPE | EUCALYPTUS+RECRUS | FALSAIE |

Figure carnet central 23. Cartographie diachronique du paysage de la zone d'étude.
(a) : 1954, (b) : 1991



Carrière et al., 2007

2004 (c)



Figure carnet central 23. Cartographie diachronique du paysage de la zone d'étude.
(c) : 2004

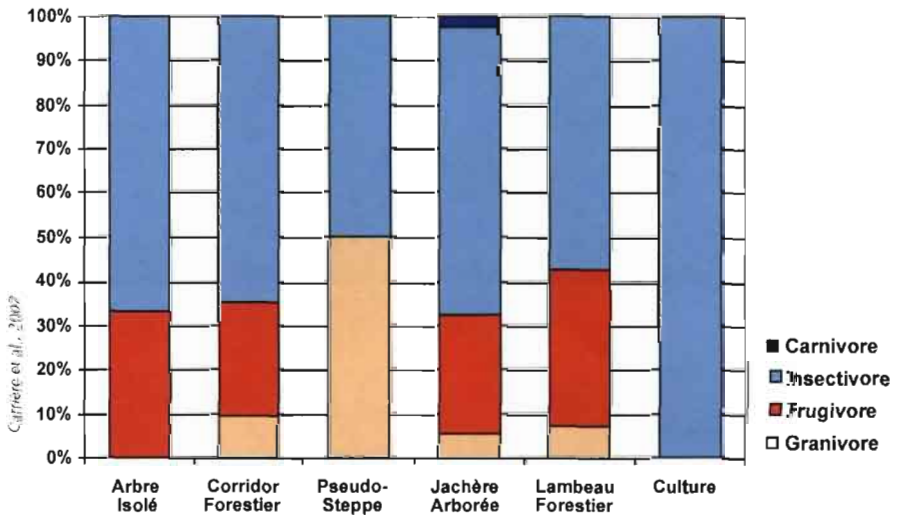
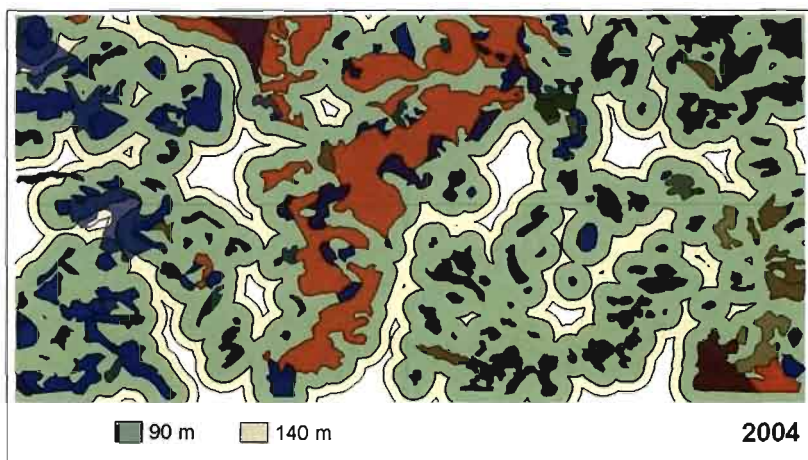
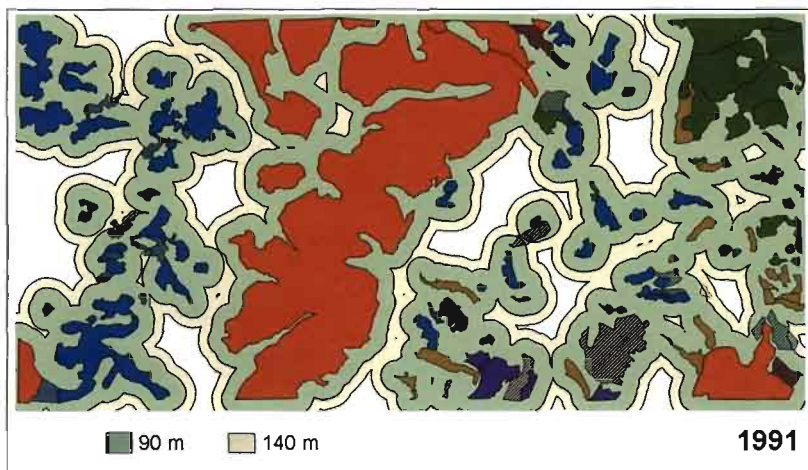
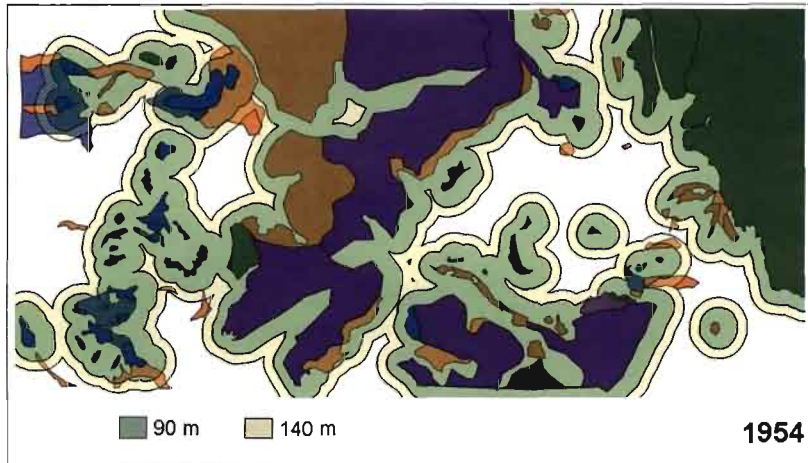


Figure carnet central 24. Pourcentage d'oiseaux observés dans les différents habitats du paysage de lisière en fonction de leur régime alimentaire



Carrière et al., 2007

Figure carnet central 25. Fragments forestiers, recrûs arbustifs et arborés et connectivité par ornithochorie selon les trois dates. Les 2 distances tampons correspondent à la médiane et au 3^{ème} quartile des distances de déplacement observées

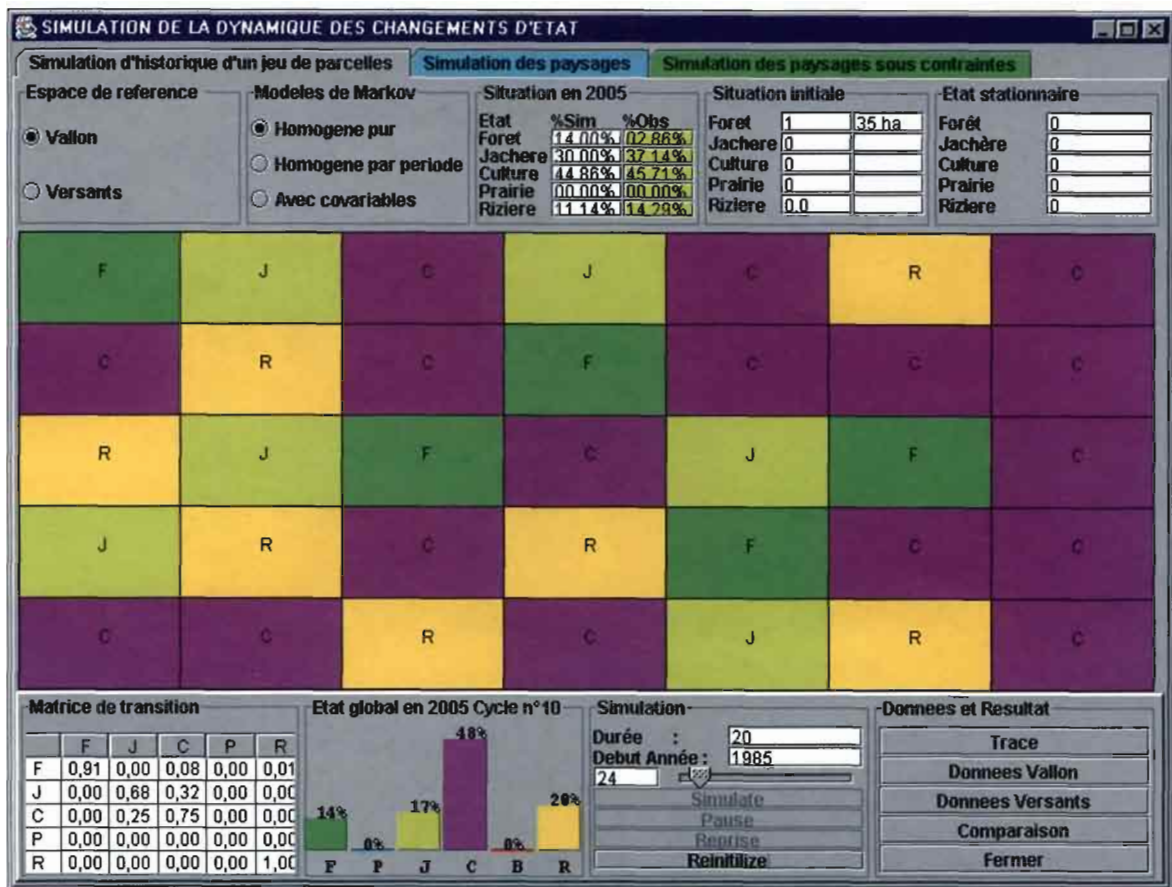
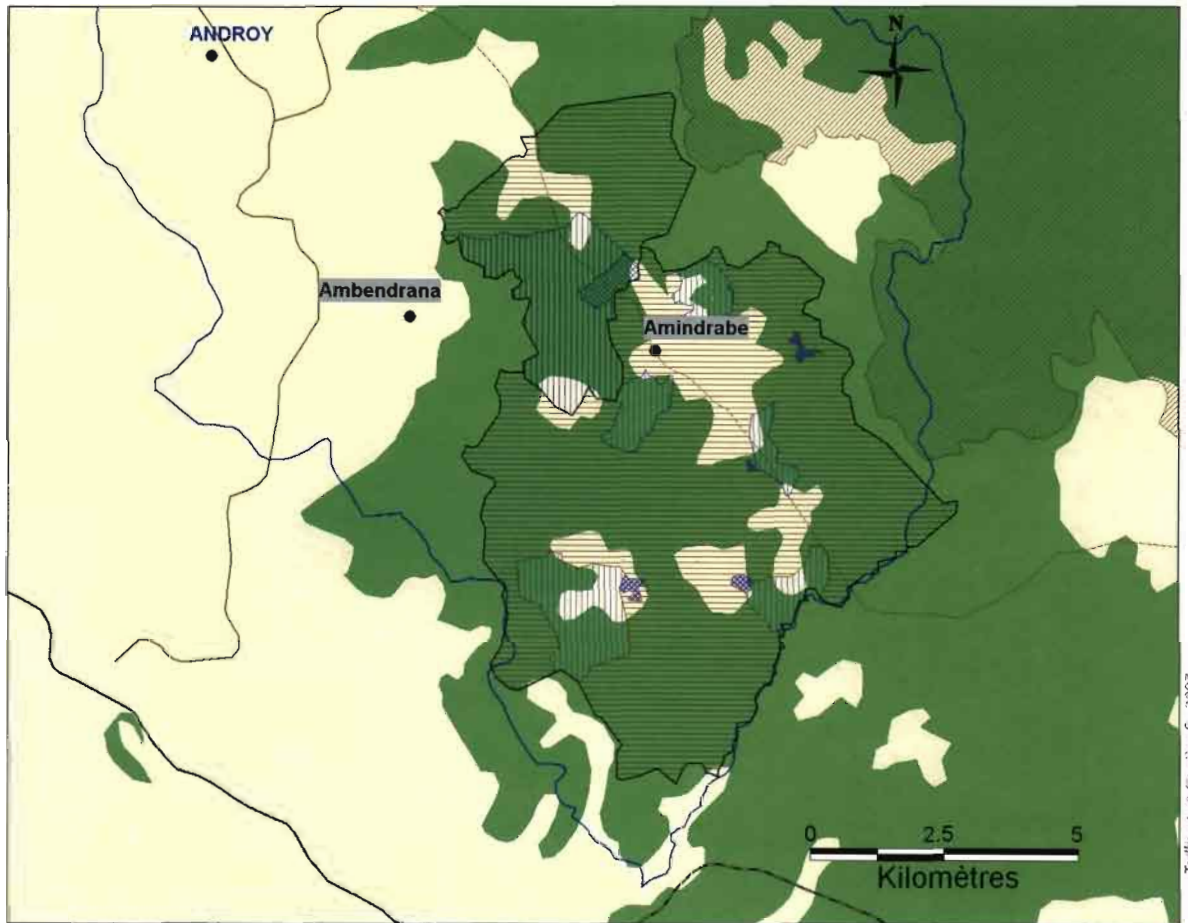


Figure carnet central 26. Architecture de l'interface graphique de la plate-forme de simulation



Toillier-A. & Carrière S., 2007

Sources : BD 500 FTM ; ANGAP ; DIREEF

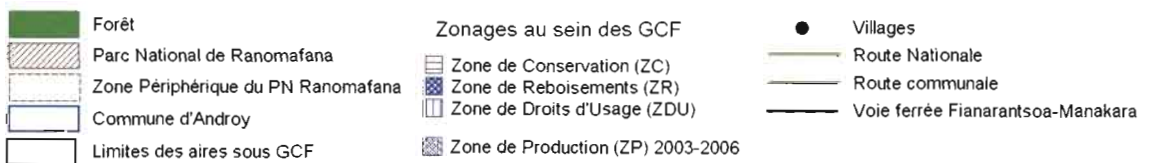
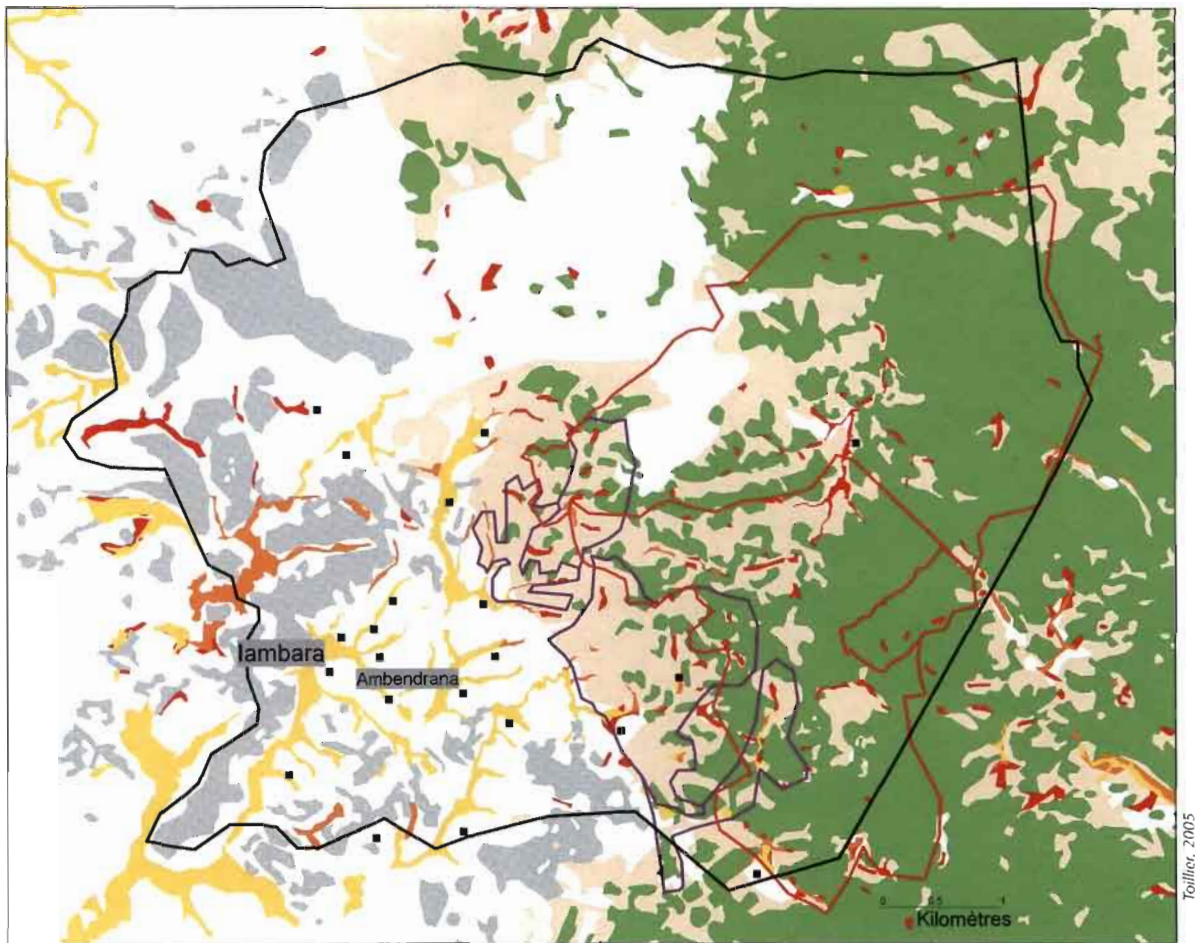


Figure carnet central 27. Localisation des GCF de la commune d'Androy : GCF d'Ambendrana et d'Amindrabe



Toillier, 2005

Sources : Interprétation de cartes topographiques FTM 1976, de photographies aériennes (1957 et 1991, FTM) et SPOTIMAGE 2004 à 10 mètres de résolution (copyright CNES-ISIS), Contrat de la GCF d'Ambendrana, DIREEF, 2003).

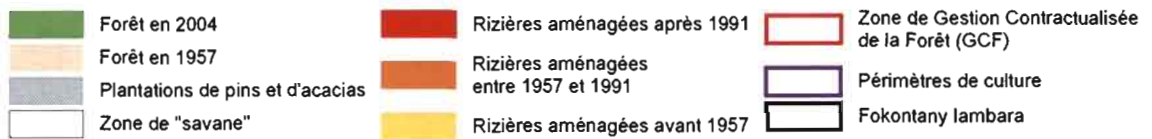


Figure carnet central 28. Le site de la GCF du fokontany d'lambara et les dynamiques d'occupation du sol entre 1957 et 2004

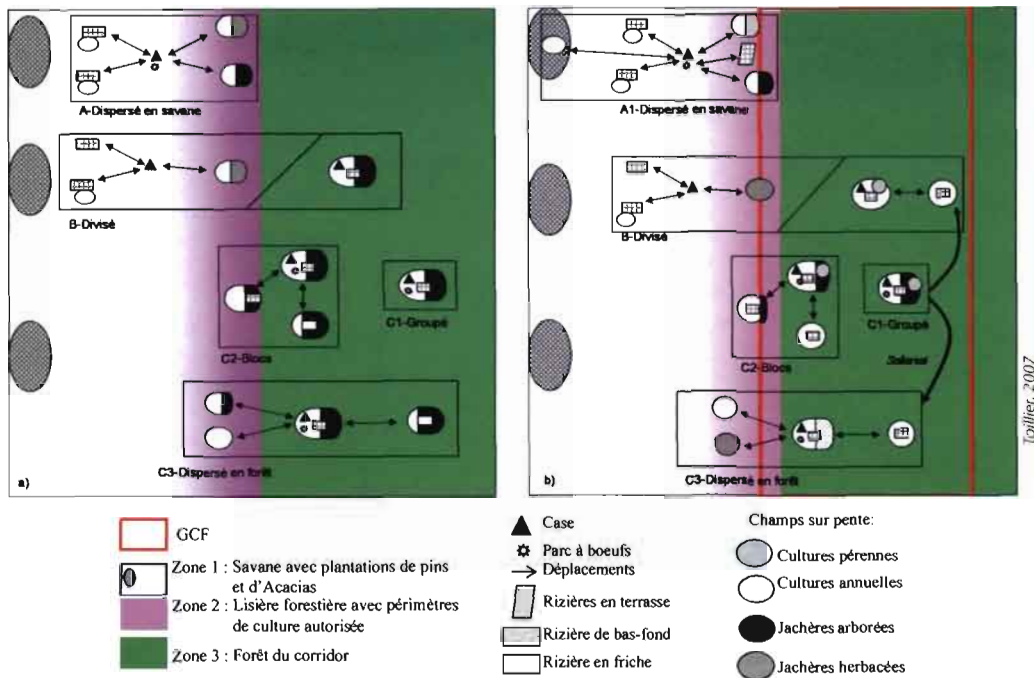


Figure carnet central 29. Zones agro-écologiques et modèles graphiques des types d'organisation spatiale des exploitations agricoles du fokontany d'Iambara a) pre-GCF b) post-GCF

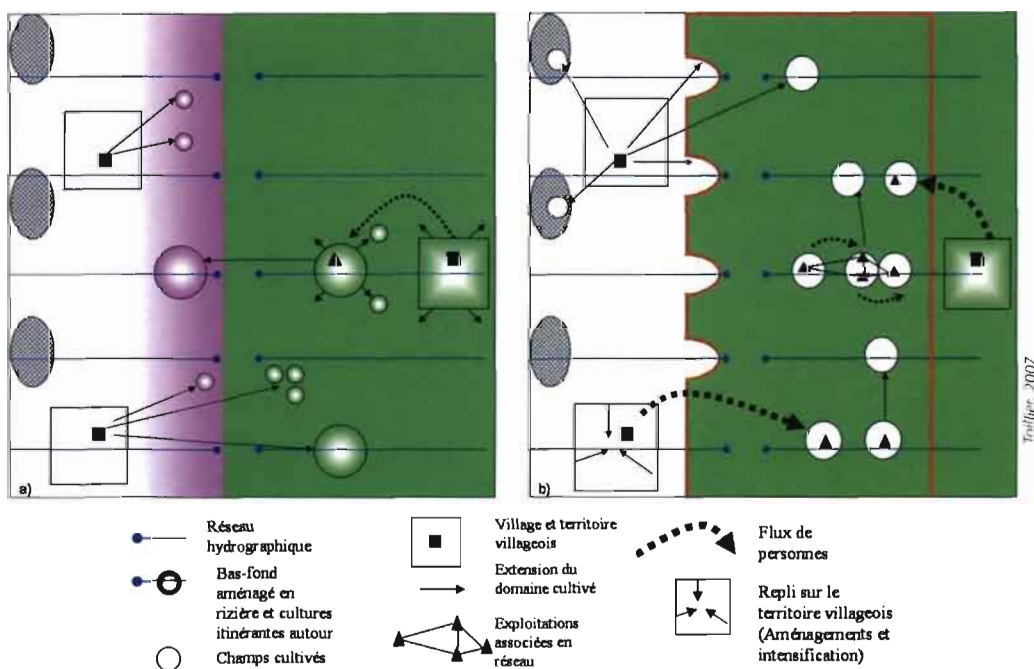


Figure carnet central 30. Traits de dynamique spatiale des activités agricoles au sein du territoire a) avant et b) après la GCF

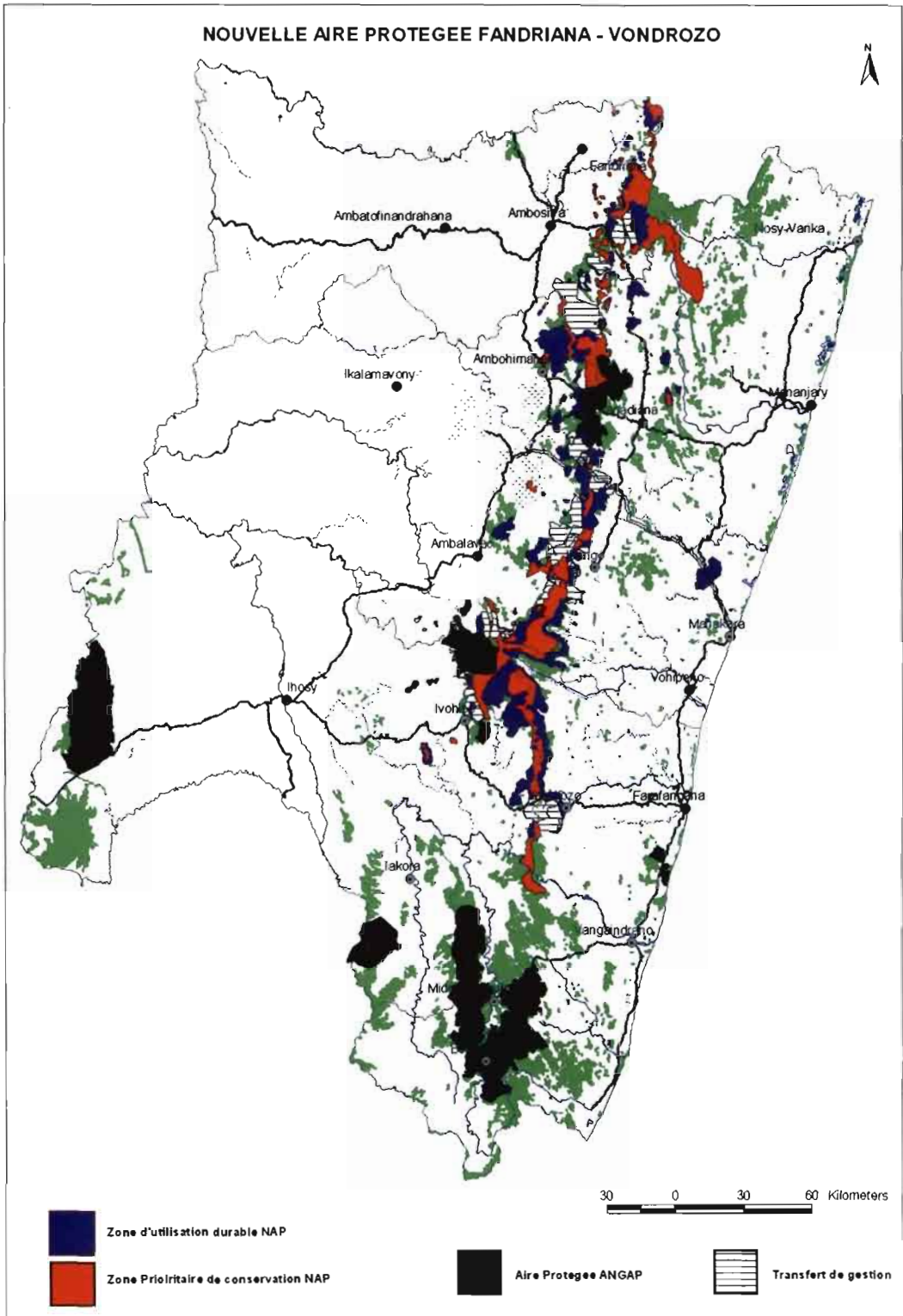


Figure carnet central 31. Nouvelle aire protégée de Fandriana-Vondrozo

Chapitre 12

Pâturage, diversité floristique et production d'une savane des Hautes Terres malgaches (région de Fianarantsoa)

Rakotoarimanana V.¹, Gondard H.², Ranaivoarivelo N.² & Carrière S.²

1. Département de Biologie et Ecologie Végétales, Faculté des Sciences, B.P. 906, Université d'Antananarivo, Madagascar

2. GEREM/IRD, B.P. 434, Tsiadana, Route d'Ambohipo - 101 Antananarivo, Madagascar

Auteurs correspondants : vonjison@yahoo.fr - stephanie.carriere@ird.fr

Résumé : Une étude sur les effets du pâturage sur la richesse, la diversité floristique et la production d'une savane herbeuse à *Aristida similis* et *Sporobolus subulatus* a été conduite dans la région de Fianarantsoa (Hautes-Terres malgaches). Les résultats montrent que la richesse floristique et les indices de diversité diminuent dans les parcelles pâturées (diversité de Shannon et Weaver et de régularité) mais que le recouvrement de la végétation herbacée augmente. Le recouvrement de la végétation ne tient pas seulement compte du prélèvement par les animaux mais aussi du comportement de chaque espèce végétale sous régime de broutage. Le pâturage favorise le tallage de certaines espèces en augmentant la largeur des touffes. Par ailleurs, il diminue la biomasse et la phytomasse totale herbacée épigée.

Mots-clés : savane, pâturage, richesse floristique, indices de diversité, production, Madagascar

Introduction

Les savanes sont largement représentées à Madagascar puisqu'elles couvrent environ 70 % du territoire (Morat, 1973). Elles jouent un rôle économique majeur car elles assurent l'essentiel de l'alimentation des troupeaux dans les systèmes d'élevage extensif.

Bien que les travaux de recherche portant sur l'élevage à Madagascar existent (études géographiques, études anthropologiques et historiques, études zoo techniques), peu de connaissances portent sur les impacts écologiques du pâturage sur les savanes.

Ces considérations nous ont conduits à mettre en place une étude de l'influence du pâturage sur la richesse, la diversité floristiques et la phytomasse herbacée épigée d'une savane herbeuse à dominance *Aristida similis* et *Sporobolus subulatus* dans la région de Fianarantsoa.

Matériel et méthode

Site d'étude

La mosaïque paysagère du site est composée d'une végétation forestière appartenant à la forêt dense ombrophile de moyenne altitude, de recrus forestiers post-agricoles issus de la mise en jachère, de champs cultivés et de formations herbeuses pseudostéppiques couramment appelées savanes principalement dominées par des Poaceae telles que *Aristida similis* et *Sporobolus subulatus* (Carrière et al., 2005). Les espèces ligneuses sont très rares dans ces formations sauf dans le cas des savanes peu ou pas pâturées où l'on peut noter quelques pieds d'*Eucalyptus* sp., *Pinus patula*, et des espèces d'origine forestière telles que *Weinmannia bojeriana*, *W. rutenbergii* (Cunoniaceae), *Cassinopsis madagascariensis* (Icaciniaceae) à proximité des macifs forestiers.

Echantillonnage

Les stations ont été choisies en fonction de l'intensité du pâturage par les troupeaux de zébu. Suite aux enquêtes auprès des éleveurs, trois unités ont été retenues (Rakotoarimanana *et al.*, sous-pressé) : savane très pâturée, savane moyennement pâturée, savane peu ou pas pâturée.

Paramètres

Les paramètres étudiés portent plus particulièrement sur la richesse, la diversité floristique et la production végétale herbacée (Rakotoarimanana *et al.*, sous-pressé) :

- Richesse floristique (effectif des familles, des genres et des espèces) évaluée sur cinq répétitions de relevés d'une superficie de 100 m² par station ;
- Diversité floristique (diversité maximale, indice de diversité de Shannon et Weaver, indice de régularité) évalués sur des relevés de 100 m² * 5 répétitions par unité ;
- Structure spécifique établie sur 100 m² * 5 répétitions par unité, chacune des espèces étant caractérisée par sa contribution spécifique (f_i) ;
- Recouvrement global (Rg) évalué par la méthode des relevés linéaires ;
- Phytomasse herbacée épigée (phytomasse totale, biomasse verte, nécromasse) évaluée par la méthode de la récolte intégrale.

Résultats

Richesse floristique

Le Tableau 33 donne la variation de la richesse floristique en fonction de l'intensité du pâturage.

Tableau 33. Variation de la richesse floristique en fonction de l'intensité du pâturage³⁵

	Effectif des familles	Effectifs des genres	Effectifs des espèces
Unité de savane			
Peu ou pas pâturée	14 (a)	23 (a)	25 (a)
Moyennement pâturée	10 (b)	19 (b)	23 (ab)
Très pâturée	9 (b)	17 (b)	20 (b)
Probabilité			
Théorique	0.05	0.05	0.05
Pâturage	0.00 (HS)	0.01 (HS)	0.04 (S)

Les effectifs des familles, des genres et des espèces diminuent significativement en fonction de l'intensité du pâturage.

Diversité spécifique

Le Tableau 34 illustre les variations des indices de diversité et de régularité en fonction de l'intensité du pâturage.

³⁵ Les moyennes suivies d'une (ou des) même(s) lettre(s) constituent un groupe statistiquement homogène, au seuil de probabilité 0.05, selon le test de Newman-Keuls. Les significations statistiques de l'analyse de variance sont S : significatif (0.01 < p < 0.05) et HS : hautement significatif (p ≤ 0.01).

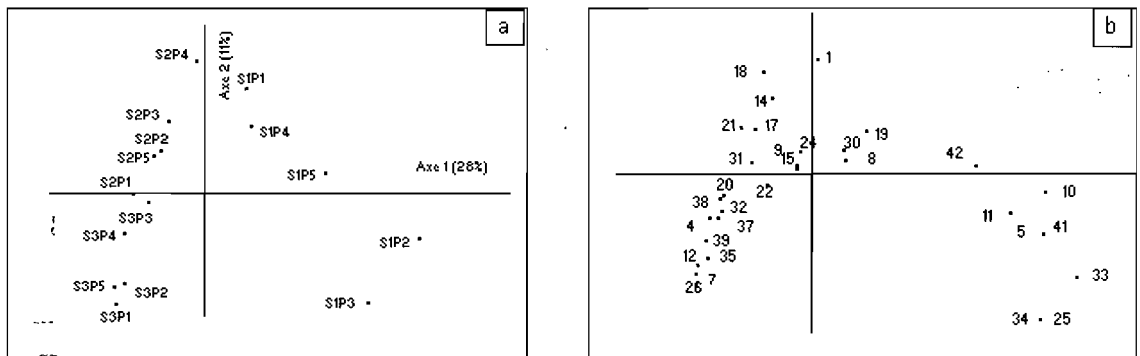
Tableau 34. Variation des indices de diversité en fonction de l'intensité du pâturage

	Diversité maximale	Indice de Shannon et Weaver	Indice de régularité
Unité de savane			
Peu ou pas pâturée	4.67 (a)	2.93 (a)	0.63 (a)
Moyennement pâturée	4.54 (ab)	2.78 (ab)	0.61 (ab)
Très pâturée	4.63 (b)	2.52 (b)	0.58 (b)
Probabilité			
Théorique	0.05	0.05	0.05
Pâturage	0.04 (S)	0.02 (S)	0.05 (S)

Le pâturage entraînerait une diminution de la diversité maximale, de l'indice de diversité de Shannon et Weaver et de l'indice de régularité d'une façon significative.

Structure spécifique

Une analyse factorielle des correspondances (AFC) a été effectuée sur la matrice de présence/absence des 43 espèces herbacées des 15 placettes. La Figure 29 représente le premier plan factoriel qui explique 40 % de la variabilité totale.



Ne sont représentées que les espèces ayant une forte contribution absolue et une bonne représentation.

Figure 29. Cartes factorielles dans le plan 1-2 des 15 placettes (a) et des 42 espèces (b) des unités soumises à trois intensités de pâturage : très pâturées (S3), moyennement pâturées (S2) et peu ou pas pâturées (S1)

Cette répartition conduit à interpréter cet axe comme représentant le facteur pâturage.

L'agencement des relevés dans le plan factoriel 1-2 montre une très nette séparation suivant l'axe 1 des placettes très pâturées caractérisés par : *Bulbostylis viguieri* (4), *Chamaecrista lateriticola* (7), *Elephantopus scaber* (12), *Helichrysum faradifani* (20), *Eragrostis sp.1* (26), *Oldenlandia herbacea* (32), *Psiadia salviaefolia* (35), *Rhynchospora glauca* (37), *Spermacoce verticillata* (38), *Stenotaphrum dimidiatum* (39), *Helichrysum madagascariensis* (22) ; des placettes moyennement pâturées caractérisées par : *Erica lecomtei* (14), *Lobelia filiformis* (31), *Helichrysum phyllaefolium* (18), *Fuirena chlorocarpa* (17), *Desmodium barbatum* (9), *Eriosema procumbens* (15), *Helichrysum plantago* (24), *Helichrysum gymnocephalum* (21) (en abscisses négatives) et des placettes non pâturées (en abscisses positives) caractérisés par : *Ageratum conyzoides* (1), *Carex sp.* (5), *Cyperus niveus* (8), *Dianella ensiflora* (10), *Dicranopteris linearis* (11), *Helichrysum benthamii* (19), *Hypoxis angustifolia* (25), *Launea pauciflora* (30), *Otiophora pauciflora* (33), *Passiflora sp.* (34), *Vernonia sp.* (41) et *Vernonia garnieriana* (42).

Variation du recouvrement et de la phytomasse herbacée épigée

Les résultats de l'analyse de variance relative au recouvrement et à la phytomasse épigée de la strate herbacée, en fonction de l'intensité du pâturage, sont présentés dans le Tableau 35.

Tableau 35. Variation du recouvrement, de la phytomasse et de la biomasse herbacée en fonction de l'intensité de pâturage³⁶.

	Recouvrement (%)	Biomasse (t.ha ⁻¹)	Phytomasse (t.ha ⁻¹)
Unité de savane			
Peu ou pas pâturée	82.8 (a)	1.91 (a)	3.30 (a)
Moyennement pâturée	92.2 (b)	1.56 (b)	2.55 (b)
Très pâturée	96.4 (b)	1.57 (b)	2.53 (b)
Probabilité			
Théorique	0.05	0.05	0.05
Pâturage	0.02 (S)	0.04 (S)	0.00 (HS)

Le recouvrement de la végétation herbacée épigée augmente significativement sur le pâturage. Par contre, il la biomasse et la phytomasse totale herbacée épigée. Il n'y a pas de différence significative entre la savane moyennement pâturée et très pâturée à pour ces trois paramètres de production.

Discussions

Diversité floristique

Il a été montré que les indices de diversité. Le pâturage provoquerait donc, dans nos conditions d'échantillonnage, une inégalité des contributions individuelles des données collectées des espèces. Cette assertion corrobore au Sahel qui rapportent que le pâturage intensif entraîne la dominance d'un petit nombre d'espèces (H' faible) (Hiernaux, 1998). Ces résultats s'opposent, par contre, à ceux trouvés dans le Sud-Ouest de Madagascar (Rakotoarimanana & Grouzis, 2006). L'intensité du pâturage peut être prise en compte pour l'interprétation de ces contradictions. Ainsi certains auteurs montrent que le pâturage augmente la diversité spécifique des prairies (Balent *et al.*, 1988) quand l'intensité est moyenne (cas du Sud-Ouest de Madagascar), et la diminue quand l'intensité du pâturage est forte (cas de la région d'Ambendrana et du Sahel). Une autre interprétation serait que la végétation non pâturée est peu attractive car elle appartient à une autre association végétale, comme le suggère la suite.

Structure spécifique

Il a été possible d'identifier des groupes d'espèces caractéristiques des stations peu ou pas pâturées, moyennement pâturées et très pâturées. Ces caractéristiques de la végétation déterminent le comportement du bétail. Au pâturage, le bétail manifeste une préférence pour certaines espèces (Ranaivoarivelo & Milleville, 2001). Ainsi, les associations végétales à dominance d'annuelles et d'hémicryptophytes sont généralement plus appréciées des animaux. Elles sont affiliées à l'unité de savane très pâturée et caractérisées par les espèces suivantes : *Bulbostylis viguieri*, *Chamaecrista lateritcola*, *Rhynchospora glauca*, *Oldenlandia herbacea*. L'unité moyennement pâturée est

³⁶ Les moyennes suivies d'une (ou des) même(s) lettre(s) constituent un groupe statistiquement homogène, au seuil de probabilité 0.05, selon le test de Newman-Keuls. Les significations statistiques de l'analyse de variance sont S : significatif (0.01 < p ≤ 0.05) et HS : hautement significatif (p ≤ 0.01).

caractérisée par un mélange d'espèces annuelles, d'hémicryptophytes et de quelques phanérophtes. Parmi ces espèces, trois seulement sont appréciées par les animaux ce sont *Fuirena chlorocarpa*, *Desmodium barbatum*, *Eriosema procumbens*, tandis que les autres sont des ligneuses herbacées de refus telles que : *Erica lecomtei*, *Lobelia filiformis*, *Helichrysum phylicaeefolium*, *H. plantago* et *H. gymnocephalum*. L'unité peu ou pas pâturée est quant à elle caractérisée par la dominance de phanérophtes ou de géophytes non appréciés par les zébus : *Cyperus niveus*, *Dianella ensiflora*, *Dicranopteris linearis*, *Helichrysum benthamii*, *Hypoxis angustifolia*, *Vernonia gamieriana*.

Phytomasse herbacée

Il a été relaté que le pâturage "augmente" d'une façon significative le recouvrement de la végétation herbacée épigée. Ce résultat est assez étonnant car il était attendu que le recouvrement diminuerait avec le pâturage, en raison du prélèvement par les animaux. Ceci pourrait être expliqué par le fait que le pâturage peut avoir un effet stimulant sur les plantes (Daget & Godron, 1995). Les différentes espèces réagissent en effet de façon particulière au pâturage. Certaines d'entre-elles réagissent à la pâture en augmentant le diamètre de leurs touffes (*Bulbostylis viguieri*, *Eragrostis* sp.) de sorte que le couvert végétal, puisse se maintenir à un niveau relativement élevé dans le cas où le surpâturage serait évité.

L'effet du pâturage sur la biomasse et la phytomasse de la strate herbacée est quant à lui moins complexe. La biomasse et la phytomasse herbacée totale sur pied est significativement plus importante en conditions non pâturées qu'en conditions pâturées. Nous vérifions ainsi un résultat largement obtenu au Burkina Faso (Grouzis, 1988), au Mali (Dembélé, 1996), en Nouvelle Zélande (Mc Intosh et al., 1997) et au Cameroun (Donfack, 1998). Les résultats qui portent sur la production (quantité de matières sèches sur pied) sont conformes aux résultats attendus, car une partie de la phytomasse consommée par les animaux et une autre partie piétinée, enfouie et décomposée, ne sont pas prises en compte dans les mesures. En terme de productivité (quantité de matière sèche par unité de surface et de temps), les résultats correspondant aux deux situations auraient pu différer en raison notamment de la stimulation de la croissance des espèces pérennes par le broutage (Balent et al., 1998).

Conclusion

Cette étude qui a porté sur les effets du pâturage sur la strate herbacée d'une savane dans la région de Fianarantsoa (sur les Hautes-Terres de Madagascar) a permis de mettre en évidence les faits suivants :

- La richesse et la diversité floristiques "diminuent" en fonction de l'intensité de pâturage ;
- Le pâturage "augmente" le recouvrement de la végétation herbacée épigée mais "diminue" la biomasse et la phytomasse totale herbacée épigée.

La production des savanes à *Aristida similis* et *Sporobolus subulatus* est donc en liaison avec la pratique du pâturage.

A ce niveau de l'étude il est cependant délicat de se prononcer sur le rôle causal du pâturage sur les caractères de la végétation, ou, au contraire sur le fait que certaines végétations ne sont pas attractives, comme semble le suggérer la composition du site non paturé. D'autres investigations sont nécessaires, comportant plus de parcelles d'étude, d'une part, et un volet expérimental, d'autre part.

Annexe II. Liste des espèces citées dans le texte

Genres et espèces	Famille	N
<i>Ageratum conyzoides</i> Linn.	Asteraceae	1
<i>Aristida similis</i> Steud.	Poaceae	3
<i>Bulbostylis viguieri</i> H. Cherm.	Cyperaceae	4
<i>Carex</i> sp.	Cyperaceae	5
<i>Chamaecrista lateriticola</i> (R. Vig) Du Puy	Leguminosae	7
<i>Cyperus niveus</i> Retz	Cyperaceae	8
<i>Désmodium barbatum</i> (L) Barth	Leguminosae	9
<i>Dianella ensifolia</i> (L.) Redoute	Liliaceae	10
<i>Dicranopteris linearis</i> (Bum) Underw.	Gleicheniaceae	11
<i>Elephantopus scaber</i> L.	Asteraceae	12
<i>Erica lecomtei</i> H. Perr.	Ericaceae	14
<i>Eriosema procumbens</i> Baker	Leguminosae	15
<i>Fuirena chlorocarpa</i> Ridl	Cyperaceae	17
<i>Helichrysum phyllocaefolium</i> De	Asteraceae	18
<i>Helichrysum benthamii</i> R Vtg & Hook	Asteraceae	19
<i>Helichrysum faradifani</i> Scott E11iot	Asteraceae	20
<i>Helichrysum gymnocephalum</i> (D.C.) H. Humbert	Asteraceae	21
<i>Helichrysum madagascariensis</i> OC	Asteraceae	22
<i>Helichrysum plantago</i> D.C.	Asteraceae	24
<i>Hypoxis angustifolia</i> Lamk	Hypoxidaceae	25
<i>Eragrostis</i> sp.1	Poaceae	26
<i>Launea pauciflora</i> (Bak) H. Humbert & L. Boulos	Asteraceae	30
<i>Lobelia filiformis</i> Lamk	Lobeliaceae	31
<i>Oldenlandia herbaGea</i> (L.) Roxb.	Rubiaceae	32
<i>Otiophora pauciflora</i> Baker	Rubiaceae	33
<i>Passiflora</i> sp.	Passifloraceae	34
<i>Psiadia salviaefolia</i> Baker	Asteraceae	35
<i>Rhynchospora glauca</i> Vahl	Cyperaceae	37
<i>Spermacoce verticillata</i> L.	Rubiaceae	38
<i>Stenotaphrum dimidiatum</i> (L) Bingo..	Poaceae	39
<i>Vernonia</i> sp.	Asteraceae	41
<i>Vernonia garnieriana</i> Kjatt.	Asteraceae	42

Chapitre 13

Biodiversité et régénération dans les plantations de pins et d'acacias après perturbation, Androy Fianarantsoa

Randriambanona H. & Carrière S.

Résumé : Les objectifs de ce travail sont d'évaluer la biodiversité et la production des recrûs dans les reboisements de pins et d'acacias après perturbations, en bordure ouest du couloir RA (Centre-Sud de Madagascar). L'hypothèse émise est que les ouvertures dans les reboisements ainsi perturbés facilitent l'installation et le recrutement des espèces autochtones. Les relevés de végétation ont été effectués par la méthode des transects. La phytomasse herbacée a été mesurée par la méthode de récolte intégrale sur une surface de relevé de 1 m², la phytomasse ligneuse par la méthode allométrique et la phytomasse racinaire a été mesurée par la méthode de carottage. Cent vingt cinq et soixante deux espèces ont respectivement été inventoriées dans la plantation de pins et d'acacias. Dans les deux cas, la moitié des espèces sont des ligneux. Dans la plantation de pins 43% des espèces sont anémochores et 30 % sont zoochores. Les espèces anémochores et zoochores représentent respectivement 53 % et 32 % dans le reboisement d'acacias. L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a permis d'identifier deux groupements végétaux dans la plantation de pins : celui qui correspond aux formations herbeuses (les cultures et les jachères herbeuses) et celui des formations ligneuses (recrûs forestiers). Les valeurs minimales d'indices de diversité sont enregistrées dans les cultures et jachères et les valeurs maximales étant obtenues dans les recrûs. La valeur de phytomasse totale suit cette tendance. Elle est maximale dans les recrûs dont la moitié est représentée par la biomasse ligneuse et elle est faible dans les jachères herbeuses. Dans la plantation d'acacias, deux groupements végétaux ont été identifiés celui des formations herbeuses (culture et jachères herbeuses) et celui des formations ligneuses (jachères arbustives et recrûs pré-forestiers). Les indices de diversité sont faibles dans les cultures tandis qu'ils sont élevés dans les recrûs. Les jachères arbustives se trouvent en position intermédiaire. La phytomasse totale maximale est obtenue dans les recrûs, elle est faible dans les jachères herbeuses.

Mots-clés : régénération forestière, plantation, acacia, pin, phytomasse, Fianarantsoa

Introduction

Selon l'évaluation mondiale des ressources forestières, les plantations forestières couvrent une superficie de 170 millions d'hectares et se trouvent en majeure partie dans les régions tropicales et sub-tropicales (FAO, 2000). Elles sont pour la plupart composées par des espèces exotiques (FAO, 2005). Malgré les rôles économiques et écologiques que les plantations jouent, des critiques à leur encontre existent. Les espèces introduites ont souvent été considérées comme " nuisibles " à cause de leur caractère invasif ou de leurs effets négatifs sur le sol (Michelsen *et al.*, 1993; Simberloff, 2003). Cependant, au début des années 1990, plusieurs auteurs comme Lugo (1992) et Parrotta (1992) ont mis en évidence le rôle des reboisements en tant que catalyseur de la régénération et montré son importance comme outil pour la restauration des écosystèmes dégradés. En 1994, la Banque Mondiale avec USDA Forest Service, le CIFOR (Center for International Forestry Research) et l'ODA (Overseas Development Authority/UK) ont initié des recherches sur ce sujet (Parrotta *et al.*, 1997). Depuis, beaucoup d'études ont montré que les plantations facilitent dans certains cas la régénération naturelle (Parrotta, 1995 ; Loumeto & Huttel, 1997 ; Otsamo, 2000).

Par contre aucune étude n'a été réalisée sur ce sujet à Madagascar où le CIRAD (2006) estime à plus de 300000 ha de plantations constituées pour moitié d'*Eucalyptus* et de *Pinus*. Dans la Commune d'Androy (Centre-Sud de Madagascar) où les plantations côtoient la forêt naturelle, de véritables forêts

secondaires se sont régénérées dans les plantations d'*Acacia* et de *Pinus* après avoir subi plusieurs types de perturbations (cyclones, feux, exploitation forestière, culture...). Ce travail se fixe comme objectifs l'évaluation de la biodiversité et de la production des recrûs dans les reboisements de pins et d'acacias après perturbations, en bordure ouest du couloir RA et la recherche des causes. L'hypothèse émise est que les ouvertures dans les reboisements ainsi perturbés facilitent l'installation des espèces autochtones voire endémiques.

Matériels et méthodes

Le site d'étude

L'étude a été conduite dans le chantier forestier d'Androy-Sud qui est délimité par la RN 45 (vers Mananjary) au Nord, la RN 7 à l'Ouest, la Commune de Fianarantsoa II au Nord-Est, la ligne de chemin de fer (Fianarantsoa-Manakara) au Sud et la forêt naturelle d'Ambhipanja à l'Est. Cette zone jouit d'un climat tropical unimodal de moyenne altitude caractérisé par un hiver frais, humide mais sans pluies importantes d'avril à septembre, un déficit hydrique d'août à octobre et parfois novembre et une saison des pluies estivales de novembre à mars (Randriamalala *et al.*, 2007.). La station climatique Fofifa-Ird-Cnre de Sahambavy à 15 km au sud donne sur trois ans, pour la température une moyenne annuelle de 17,7°C et une pluviosité annuelle de 1370 mm (Randriamalala *et al.*, 2007.). Les sols sont de type ferrallitique rouge et jaune sur rouge particulièrement pauvres en phosphore assimilable et en bases échangeables (Randriamalala *et al.*, 2007) et reposent sur le socle cristallin d'âge précambrien. Les principales formations végétales sont : la forêt dense ombrophile de moyenne altitude à *Weinmannia* et *Tambourissa* (Koechlin *et al.*, 1974), les formations secondaires issues de la mise en culture sur brûlis de la formation précédente, les reboisements (pins, acacia à tannin), et des mosaïques de pseudo-steppiques à *Aristida similis* Steud., *Lepturus* sp., parsemées de plantations villageoises d'*Eucalyptus* (Carrière & Randriambanona, 2007).

Les plantations étudiées

La plantation d'acacia (*Acacia dealbata*) d'une superficie de 2200 ha a été mise en place dans les années 1920 pour produire des tannins jusqu'en 1950 (Parrat, 1966). En 1969, une grande partie de cette plantation a été remplacée par des pins. Le reste, par contre, a été mis en culture par les populations depuis les années 70. Actuellement, elle est formée d'une mosaïque de champs de manioc et de patate douce, de jachère et de recrûs.

La plantation de pins (2317 ha) entreprise entre 1969 et 1971 était destinée à approvisionner une usine de fabrication de pâte à papier qui devait être construite dans la région (Ramanantsoavina, 1963). Elle a été en partie effectuée sur l'ancienne plantation d'acacia supra-citée et sur des formations herbeuses à *Aristida similis*. Elle a subi diverses perturbations (feux en 1996, 2000, cyclones en 1986 et 1994, exploitation forestière sélective, mise en culture...). L'exploitation forestière a commencé en 1994, puis certaines parcelles furent exploitées par la population riveraine à des fins agricoles (culture sur brûlis de manioc) à partir de 2000.

Méthodes

L'échantillonnage par transects a été adopté afin de tenir compte des différentes situations de relief. Les transects sont orientés dans le sens Est-Ouest. Ils sont transversaux par rapport à la schistosité des gneiss. Le long de chaque transect, des relevés distants d'environ 30 m ont été effectués, leur emplacement a été dicté par les positions topographiques (bas versant, mi-versant, haut de versant et sommet). La surface de relevé a été de 10 m x 10 m. L'inventaire concerne à la fois les ligneux, les herbacées, les

lianes et les fougères. Pour chaque relevé une liste floristique a été dressée. Les échantillons d'herbiers récoltés sur le terrain ont été comparés aux herbiers de références au PBZT (Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza Antananarivo). Pour les noms scientifiques, on s'est référé à la base de données floristiques Tropicos du Missouri Botanical Garden à Antananarivo. Deux cent cinq relevés notés P1, P2,...P205 répartis sur 40 transects ont été réalisés dans la plantation de pins et 58 relevés (A1, A2,...A58) le long de 12 transects dans la plantation d'acacia. L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) basée sur la présence-absence des taxa a été utilisée pour tester l'homogénéité de la végétation et aussi identifier les éventuels groupements végétaux dans les plantations. Une fois identifiés les différents groupements végétaux dans chaque type de plantation, 10 placeaux de 10 m x 10 m ont été choisis au hasard dans chacun d'eux pour faire l'objet d'inventaire floristique et de mesures de phytomasses aérienne et souterraine.

Au cours de l'inventaire, les paramètres pris en compte pour une espèce rencontrée sont : le diamètre, la hauteur, le mode de dispersion (anémochorie, zoochorie et barochorie). Après ces investigations chaque unité de végétation est caractérisée par différents descripteurs de diversité³⁷.

La phytomasse herbacée a été mesurée par la méthode de récolte intégrale dans un carré de 1m x 1m (Levang & Grouzis, 1980) à raison de 10 répétitions par parcelle. La masse de la matière fraîche est mesurée sur le terrain et la teneur en matière sèche est déterminée après dessiccation à l'étuve à 85° C pendant 24 heures jusqu'à la déshydratation totale des échantillons prélevés à cet effet.

La phytomasse ligneuse a été évaluée par la méthode allométrique. Le principe est d'établir des équations de régression entre des mesures destructives individuelles de biomasse et les paramètres dimensionnels de ceux-ci (hauteur, diamètre du tronc). Deux cent sept individus ont été abattus, ils appartiennent à 21 espèces ligneuses dominantes. Les relations obtenues pour chaque espèce sont ensuite appliquées à l'inventaire des peuplements. Le modèle utilisé est du type puissance³⁸ qui est censé représenter la réalité biologique (Rondeux, 1999 ; Ketterings *et al.*, 2001).

La phytomasse racinaire a été mesurée par la méthode de carottage (Böhm, 1979) à l'aide d'une sonde de diamètre intérieur de 80 mm. Les prélèvements ont été effectués jusqu'à 1 m de profondeur et par tranches d'horizons de : 0-10 cm ; 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-75, 75-100. L'effectif de l'échantillonnage s'élève à 10 prélèvements par parcelle. Les racines ont été séparées de la terre par double tamisage (tamis de maille 1 et 0.5 mm) sous un jet d'eau, puis elles ont été séchées à l'étuve à 85° C pendant 24 heures et pesées au milligramme près. Des analyses de variance ont été effectuées d'une part pour observer s'il y a une différence significative entre les valeurs obtenues dans les groupements végétaux et d'autre part pour comparer les deux types de plantations.

Résultats

Composition floristique

Cent vingt cinq espèces se répartissant en 91 genres et 46 familles ont été enregistrées dans la plantation de pins. Les Asteraceae (19 espèces), puis les Poaceae et les Rubiaceae avec 14 espèces chacune sont les familles les mieux représentées. Les espèces ligneuses sont au nombre de 58 (soit 46 %), les espèces herbacées et les lianes sont respectivement au nombre de 55 (44 %) et 12 (10 %). Dans la plantation d'acacia, 62 espèces réparties en 49 genres et 32 familles ont été recensées. La

³⁷ La richesse spécifique (S) est le nombre d'espèces recensées dans l'aire de référence ;

L'indice de Shannon : $H' = - \sum f_i \log_2 f_i$ (Avec f_i : fréquences f_i de différentes espèces i de l'échantillon) ;

L'indice de régularité : $R = \frac{H'}{H_{\max}}$ (avec $H_{\max} = \log_2 S$)

La densité des ligneux (D) et la surface terrière (G) pour les formations ligneuses.

³⁸ $B = aD^b$ (avec B : biomasse ; D : diamètre ; a, b : paramètres)

famille des Asteraceae avec 13 espèces, des Poaceae avec 7 espèces et des Rubiaceae avec 4 espèces sont les mieux représentées. Les ligneux, les herbacées et les lianes comptent respectivement 32 (51 %), 26 (41 %), et 4 (6 %) espèces. Enfin, 67 et 4 espèces sont respectivement propres à la plantation de pin et à la plantation d'acacia, 55 espèces sont communes aux deux formations. Dans la plantation de pins, les espèces anémochores représentent 43% des espèces totales, tandis que les espèces zoochores et barochores représentent respectivement 30% et 27%. Plus de la moitié (53%) des espèces sont anémochores dans la plantation d'acacia, 32% sont zoochores et 15% sont barochores. D'après ces résultats, bien que le vent soit le principal facteur de dissémination des graines, le rôle des animaux disperseurs (oiseaux, chauves-souris) de graines apparaît également important dans cette zone.

Les familles les mieux représentées sont identiques pour les deux types de plantation. La plantation d'acacia renferme beaucoup plus d'espèces ligneuses que la plantation de pins.

Identification des groupements végétaux dans les plantations

La plantation de pins

Le Tableau 36 indique les valeurs propres et les taux d'inertie des 4 premiers axes factoriels de l'AFC (matrice de 125 espèces x 205 relevés). L'inertie totale est de 6,9 bits. La moyenne des contributions des relevés est de 0,49, celle des espèces est de 0,8%.

Tableau 36. Valeurs propres et inertie extraites des axes de l'AFC

Axes factoriels	F1	F2	F3	F4
Valeur propre	0,80	0,41	0,34	0,33
% variance	11,57	5,87	4,90	4,80
% variance cumulé	11,57	17,44	22,34	27,1

La Figure 30 représente le plan principal F1/F2 de l'analyse de l'ensemble relevé-espèces.

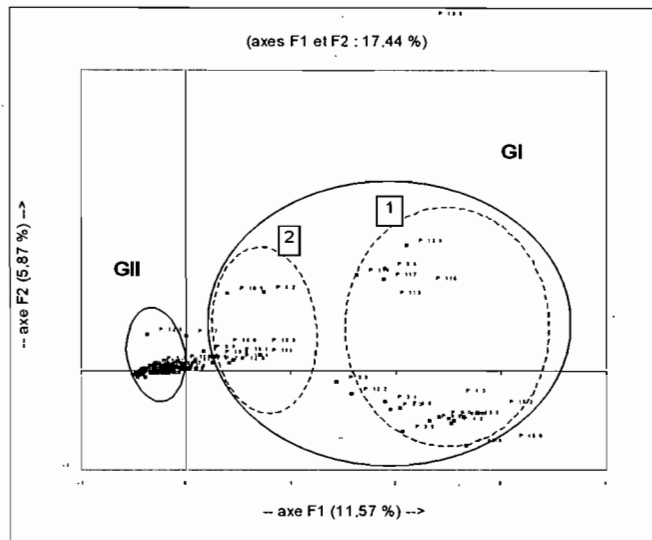


Figure 30. Analyse factorielle des correspondances : projection de 205 relevés x 125 espèces dans le plan principal (axes F1xF2).

Pour décrire ces axes, seuls les individus (relevés) ou les variables (espèces) dont la contribution est au moins égale à la moyenne peuvent intervenir de façon significative.

L'axe F1 oppose les relevés réalisés dans les champs de culture et jachères (G1) en abscisses positives à ceux effectués dans les recrûs (GII) en abscisses négatives.

Le premier groupe (GI) est subdivisé en deux sous-groupes :

- Le sous-groupe (GI-1) est fortement corrélé à l'axe F1, les relevés à retenir sont P61 (1,9)³⁹, P150 (1,8), P152 (1,8), P153 (1,8), P154 (1,8), P157 (1,8), P138 (1,6). Il correspond aux relevés réalisés dans les champs de manioc. Excepté *Manihot* sp. (22,4%), les espèces associées à ce groupe sont toutes des espèces rudérales⁴⁰.
- Le sous-groupe (GI-2) est représenté par les relevés P62, P104, P105, P111, P120, P139, P130, P151, P76, P99, P98, aucun de ces relevés ne présente de contribution significative. Ce sont les relevés réalisés dans les jachères, ils se présentent sous forme de formations herbeuses. Les espèces sont également herbacées à buissonnantes⁴¹ ;

Pour GII comme les relevés sont groupés près de l'intersection des deux axes, leurs contributions sont très faibles et aucune espèce ne présente de contribution supérieure à la moyenne. On peut conclure que l'axe F1 traduit un gradient d'utilisation car il oppose les champs de cultures à ceux de jeunes jachères et de recrûs. L'axe F2 par contre, n'a pas permis de discriminer de groupes de relevés. Trois groupements végétaux ont été identifiés et retenus dans les plantations de pins : (i) les cultures, (ii) les formations herbeuses correspondant aux jachères et (iii) les formations ligneuses (recrûs).

La plantation d'acacia

Le Tableau 37 donne l'inertie totale (4,91 Bits) du nuage de points et la part de variance expliquée par chacun des quatre premiers axes factoriels de l'AFC réalisée sur la matrice de 62 espèces x 58 relevés. Les contributions moyennes des relevés et des espèces sont respectivement de 1,72% et de 1,61%.

Tableau 37. Valeurs propres et pourcentages de variance

Axes factoriels	F1	F2	F3	F4
Valeur propre	0,84	0,50	0,34	0,31
% variance	17,03	10,17	7,02	6,41
% variance cumulé	17,03	27,20	34,22	40,63

La Figure 31 représente la projection des espèces et des relevés dans les axes factoriels F1xF2. Elle montre un nuage de points bien structuré de forme parabolique et fait ressortir l'effet Guttman qui indique une redondance entre les deux variables étudiées : la connaissance de la ligne donne pratiquement celle de la colonne ; toute l'information est contenue dans le premier axe F1, qui oppose les valeurs extrêmes, tandis que le deuxième axe F2 oppose les intermédiaires aux extrêmes. L'axe F1 oppose deux groupes de relevés : ceux réalisés dans les champs de culture et les jachères herbeuses qui sont groupés en abscisses positives (GI), et ceux effectués dans les jachères arbustives et les recrûs en abscisses négatives (GII).

³⁹ Les valeurs entre parenthèses indiquent la contribution (%) des relevés ou des espèces aux axes factoriels considérés.

⁴⁰ *Erigeron naudinii* (Bonnet Humbert) (19,9%), *Emilia citrina* DC. (18%), *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn (13,7%), *Rhynchelytrum repens* (Willd.) C.E. Hubb. (2,5%), *Bidens pilosa* L. (1,8%), *Imperata cylindrica* (L.) Rausch (1,44%);

⁴¹ *Andropogon eucomus* Nees, *Stenotaphrum dimitidiatum*, L., *Panicum maximum* Jacq., *Fimbristylis* sp., *Ageratum conyzoides* Linné, *Psiadia salviaefolia* Baker, *Crassocephalum sarcobasis* (DC.) Moore, L'Hert., *Tristemma virusanum* Juss., *Helichrysum attenuatum* Humb., *Elephantopus scaber* L., *Oldenlandia herbaceae* (L.) DC., *Phytolacca dodecandra*, *Trema orientalis*.

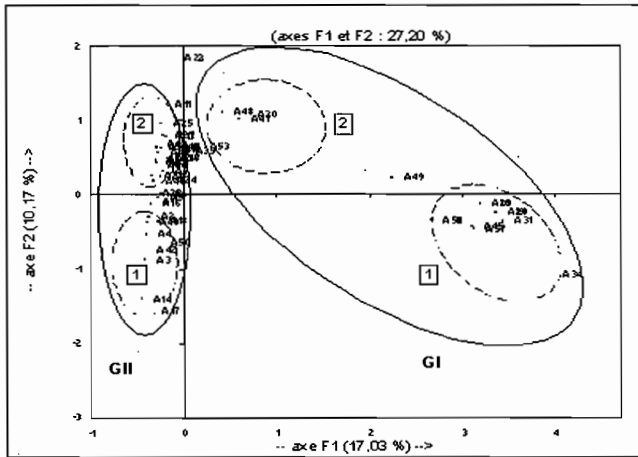


Figure 31. Analyse Factorielle des Correspondances : projection de 58 relevés x 62 espèces selon les axes F1 et F2.

Le premier groupe (GI) peut être subdivisé en deux sous-groupes :

- le sous-groupe (GI-1) est constitué par les relevés effectués dans les cultures (A45, A57, A31, A19, A20, A21, A34, A54, A55, A56, A10, A29). Les espèces qui leur sont associées sont surtout des herbes⁴².
- le sous-groupe (GI-2) avec les relevés A30, A35, A47, A48, A53, qui ont été réalisés dans les jachères herbeuses. Les espèces associées sont composées essentiellement d'herbes⁴³.

Le deuxième groupe (GII) peut également être subdivisé en deux sous-groupes :

- le sous-groupe (GII-1) dont les relevés sont : A14, A17, A3. Ce sont des formations typiquement ligneuses correspondant aux recrûs forestiers présentant une physionomie de forêt secondaire totalement reconstituée (formation dense et pluristrate) composées uniquement de ligneux⁴⁴. Il convient de noter que ces stations n'ont jamais été mises en culture.
- le sous-groupe (GII-2) est composé par des formations ligneuses ou de formations mixtes ligneux-herbacées avec un tapis herbacé discontinu. Aucune espèce n'est efficace le long de l'axe 1, mais par analogie, il existe beaucoup d'espèces ligneuses et herbacées que l'on peut retenir⁴⁵. L'axe F1 traduit ainsi un gradient d'utilisation (exploitation agricole) car il sépare nettement les formations typiquement herbacées (champs cultivés et jachères herbeuses) aux formations mixtes et exclusivement ligneuses (jachères arbustives et recrûs ligneux).

Caractéristiques des groupements végétaux dans la plantation de pins

Les indices de diversité (S , H' , R) et la densité et la surface terrière des ligneux calculés dans les différents groupements végétaux sont consignés dans le Tableau 38.

⁴² *Manihot* sp. (32,87), *Emilia citrina* (15,29), *Erigeron naudinii* (14,29), *Ageratum conyzoides* (6,20), *Bidens pilosa* (5,36), *Pteridium aquilinum* (3,44).

⁴³ *Sporobolus* sp., *Trichopteryx dregeana*, *Bulbostylis trichobasis*, *Hyparrhenia variabilis* Stapff., *Psidium salviaefolia* Baker, *Helichrysum faradifani* Scott Eliot, *Tristemma virusanum*.

⁴⁴ *Agauria salicifolia* (Lam.) Hook. f. ex Olivier, *Polyscias* sp., *Schefflera bojeri* R. Viguier, *Senecio faujasioides* Baker, *Syzygium emirnense* (Baker) Labat & G.E. Schatz, *Tabernaemontana* sp., *Vaccinium emirnense* Hook., *Weinmannia bojeriana* Tulasne, *Cassinopsis madagascariensis* Baillon.

⁴⁵ *Vernonia garnieriana* Klatt, *Weinmannia rutenbergii* Engler, *Anthocleista madagascariensis* Baker, *Senecio hypargyreus* DC., *Psidium cattleianum* Sabine, *Psorospermum fanerana*, *Canthium* sp., *Galiniera* sp., *Aristida similis*, *Sporobolus subulatus* Hack., *Scleria baronii* C.B. Clarke

Tableau 38. Indices de diversité (S, H', R), densité et surfaces terrières des groupements végétaux dans la plantation de pins

Groupements	Sous-groupes	Richesse spécifique S	Indice de Shannon H'	Indice de régularité R	Densité des ligneux (N.ha ⁻¹)	Surface terrière G (m ² .ha ⁻¹)
Formations herbeuses	Cultures	5,6 ± 1,89a	1,46 ± 0,23a	0,59 ± 0,06a	-	-
	Jachères herbeuses	29 ± 6,4b	3,31 ± 0,78b	0,66 ± 0,16a	-	-
Formations ligneuses	Recrûs pré-forestiers	32,6 ± 9b	4,01 ± 0,67b	0,80 ± 0,10b	6843 ± 2276	6,29 ± 4,62

Les moyennes repérées par une même lettre représentent les groupes statistiquement homogènes au seuil de probabilité de 0,05 d'après le test de Tukey HSD.

En ce qui concerne la richesse spécifique (S), la valeur minimale (5,6) a été obtenue dans les cultures et la valeur maximale a été enregistrée dans les recrûs forestiers (32,6). Les pratiques culturales (labours, feux) diminuent fortement la richesse spécifique. En effet les valeurs obtenues dans les champs cultivés sont significativement différentes de celles enregistrées dans les jachères et les recrûs. Cependant il n'y a pas de différence significative entre les jachères et les recrûs pré-forestiers. Les jachères ont une richesse spécifique assez élevée grâce au maintien d'adventices pendant un certain temps et à l'installation de nouvelles espèces issues du potentiel advectif. De plus, certaines espèces étaient déjà sur place et se sont régénérées en rejetant de souches et en drageonnant.

L'indice de Shannon le plus faible (1,46) a été obtenu dans les cultures à cause de la dominance d'un restreint nombre d'espèces en l'occurrence *Manihot* sp., et la valeur maximale a été obtenue dans les recrûs pré-forestiers (4,01), les jachères se trouvent en position intermédiaire (3,31). Cependant il n'y a pas de différence significative entre les jachères herbeuses et les recrûs.

A noter d'abord que les champs de culture, même s'ils sont parmi les groupements végétaux identifiés, n'ont pas fait l'objet de mesure de phytomasses. Le Tableau 39 donne les valeurs de phytomasse dans la plantation de pins. La phytomasse herbacée dans les recrûs (à dominance ligneuse) est très faible par rapport à celle obtenue dans les formations herbeuses. Ce résultat est dû à l'effet du couvert ligneux sur la strate herbacée. Au niveau du système racinaire, la valeur de phytomasse est plus élevée dans les formations ligneuses (11,6 t.ha⁻¹) que celles des jachères herbeuses (3,1 t.ha⁻¹).

La phytomasse totale est six fois moins importante dans les formations herbeuses que dans les formations ligneuses (5,83 t.ha⁻¹ contre 28,6 t.ha⁻¹) et la différence est statistiquement significative.

Tableau 39. Phytomasse (t.ha⁻¹) des groupements végétaux dans la plantation de pins

Groupements	Sous-groupes	Phytomasse herbacée	Phytomasse ligneuse	Phytomasse racinaire	Phytomasse totale
Formations herbeuses	Cultures	nd	nd	nd	nd
	Jachères herbeuses	2,73 ± 0,24a	-	3,10 ± 0,71a	5,83 ± 1,5a
Formations ligneuses	Recrûs pré-forestiers	0,56 ± 0,02b	16,5 ± 3,56	11,6 ± 1,40b	28,6 ± 5,67b

Les moyennes repérées par une même lettre représentent les groupes statistiquement homogènes au seuil de probabilité de 0,05 d'après le test de Tukey HSD. nd : non déterminé

Caractéristiques des groupements végétaux dans la plantation d'acacia

Chacun des 4 groupements végétaux forment des groupes statistiquement homogènes si on se réfère aux valeurs de richesses spécifiques (Tableau 40). Les valeurs minimale (5,8) et maximale (27) ont été respectivement obtenues dans les champs cultivés et les recrûs pré-forestiers.

Tableau 40. Indices de diversité, densité des ligneux et surface terrière des groupements végétaux dans la plantation d'acacia.

Groupements	Sous-groupes	Richesse spécifique S	Indice de Shannon H'	Indice de régularité R	Densité des ligneux (N.ha ⁻¹)	Surface terrière G (m ² .ha ⁻¹)
Formations herbeuses	Cultures	5,8 ± 1,89a	1,24 ± 0,35a	0,53 ± 0,11a	-	-
	Jachères herbeuses	8,1 ± 2,13b	1,79 ± 2,16b	0,59 ± 0,06a	-	-
Formations ligneuses	Jachères arbustives	19,6 ± 6,85c	3,09 ± 0,53c	0,77 ± 0,08b	7273 ± 1866,7a	5,10 ± 1,97a
	Recrûs pré-forestiers	27,7 ± 6,07d	3,95 ± 0,26c	0,83 ± 0,04b	11169 ± 2284,4b	7,76 ± 1,47b

Les moyennes repérées par une même lettre représentent les groupes statistiquement homogènes au seuil de probabilité de 0,05 d'après le test de Tukey HSD.

L'indice de Shannon le plus faible (1,24) est enregistré dans les cultures, il est de 1,79 pour les formations herbeuses, il est respectivement de 3,09 et de 3,95 pour les jachères arbustives et les recrûs.

Pour ce qui est de l'indice de régularité, il y a une différence significative entre les formations herbeuses (culture et jachères herbeuses) et les formations ligneuses. Les valeurs élevées (0,77 et 0,83) obtenues dans les formations ligneuses traduisent une tendance à l'équipartition des espèces de la communauté végétale, ce qui n'est pas le cas pour les formations herbacées (R=0,53 et R=0,59) dominées par un petit nombre d'espèces.

Les recrûs forestiers représentent des valeurs de densité de ligneux (11169 individus à l'hectare) et de surface terrière élevées (7,76 m².ha⁻¹) que les jachères arbustives (7273 N.ha⁻¹ et G=5,10 m².ha⁻¹). Les valeurs sont statistiquement différentes.

Les valeurs de phytomasse dans les plantations d'acacia sont représentées dans le Tableau 41.

La valeur de la phytomasse herbacée dans les formations mixtes ligneux-herbacées (jachères arbustives avec 2,53 t.ha⁻¹) est moins élevée que celle obtenue dans des formations typiquement herbacées (2,96 t.ha⁻¹). C'est l'effet du couvert ligneux sur la strate herbacée.

Tableau 41. Phytomasses (t.ha⁻¹) des groupements végétaux (plantation d'acacias).

Groupements	Sous-groupes	Phytomasse herbacée	Phytomasse ligneuse	Phytomasse racinaire	Phytomasse totale
Formations herbeuses	Cultures	nd	nd	nd	nd
	Jachères herbeuses	2,96 0,20	00	2,31 0,13a	5,28 0,27a
Formations ligneuses	Jachères arbustives	2,53 1,01	10,4 5,34a	6,90 1,76b	19,8 6,65b
	Recrûs pré-forestiers	00	19,7 4,39b	11,13 1,06c	30,8 5,14c

Les moyennes repérées par une même lettre représentent les groupes statistiquement homogènes au seuil de probabilité de 0,05 d'après le test de Tukey HSD. nd : non déterminé

Discussions

Les objectifs de ce travail sont d'évaluer la biodiversité et la phytomasse dans les plantations de pins et d'acacia.

La composition floristique

Le nombre d'espèces inventoriées dans la plantation de pins est beaucoup plus élevé que dans la plantation d'acacia. Ceci est dû à la durée d'exploitation agricole, plus de 30 ans pour la plantation

d'acacia contre 5 à 6 ans pour la plantation de pins. Les labours répétés et les feux pendant les phases culturales détruisent les souches des ligneux et la banque de graines du sol, ce qui diminue le nombre d'espèces (Floret & Pontanier, 1982).

Cependant les familles botaniques les mieux représentées sont les mêmes (Rubiaceae, Poaceae et Asteraceae). Elles sont caractérisées par la production de graines abondantes, de petite taille et à multiplication rapide, facilitant leur dispersion par le vent ou les animaux (Bodian *et al.*, 1998). Elles comptent de plus des espèces pionnières et rudérales dont les stratégies reproductives sont très efficaces. Par ailleurs, Labat (1995) note que les Rubiaceae et les Poaceae sont parmi les plus importantes familles de Phanérogames de Madagascar.

Les indices de diversité

Le nombre d'espèces recensées (62 pour plantation d'acacia et 125 pour la plantation de pins) est loin d'atteindre celui d'une forêt mature de la zone d'étude qui compte 315 espèces pour 14 parcelles de 0,1 ha (Ratsimisetra, 2006). Ils sont également inférieurs à ceux obtenus (170 espèces) dans des plantations de *Pinus*, d'*Eucalyptus* et d'*Acacia mearnsii* en Afrique du Sud par Geldenhuys (1997) et par Lee *et al.* (2005), à Hong Kong (165 espèces) dans des plantations de pins. Ils sont toutefois supérieurs à ceux enregistrés sous plantations d'*Eucalyptus* (29-34 espèces) par Yidraw (2001) en Ethiopie.

Concernant la richesse spécifique, les champs de culture sont très pauvres en espèces. Les espèces y sont limitées à l'espèce cultivée (*Manihot* sp.) et quelques espèces adventices (*Erigeron naudinii*, *Bidens pilosa*...). Les travaux agricoles ont éliminés les autres espèces notamment les ligneux (Mitja & Puig, 1991).

En se référant aux indices de régularité (R) qui permettent d'évaluer le niveau d'organisation d'un système, les cultures et les jachères peuvent être considérées comme des systèmes fortement organisés, à cause de faibles valeurs de R (0,53 à 0,59). Quant aux recrûs, ils présentent un grand niveau d'organisation de la végétation avec des valeurs de $R > 0,8$. Elles sont proches de celle obtenue en forêts matures $R = 0,84$ à proximité du site étudié (Ratsimisetra, 2006).

La densité des ligneux et la surface terrière

La densité des ligneux dans les recrûs pré-forestiers dans la plantation d'acacia présente une valeur comparable à celle de la forêt naturelle mature (11600 à 15600 individus à l'hectare) de la zone d'étude (Ratsimisetra, 2006). Les formations arbustives en comptent moins par rapport aux jachères forestières de la zone avec une valeur moyenne de 29568 N.ha⁻¹ (Randriamalala *et al.*, 2007), pourtant la valeur obtenue est comprise dans la gamme des valeurs (4400-9500) obtenue par Parrotta (1995) dans des plantations d'*Eucalyptus*, et de *Casuarina* à Porto Rico.

Les valeurs des surfaces terrières dans les deux types de plantations qui varient de 5,10 à 7,76 m².ha⁻¹ sont faibles, si on les compare avec celles obtenues (10 à 30 m².ha⁻¹) par Marcano-Vega (2002) dans des plantations de café à Porto Rico.

La production

Dans les deux cas, par rapport aux formations ligneuses ou mixtes, les formations herbeuses représentent toujours de faibles valeurs de phytomasse racinaire. Selon Manlay (1994), ce sont les ligneux qui contribuent le plus à la phytomasse racinaire.

La phytomasse herbacée a toujours été faible dans les formations mixtes par rapport aux formations typiquement herbacées à cause de l'effet du couvert ligneux. Les ligneux agissent de deux façons :

par compétition trophique au niveau du système racinaire et en réduisant la photosynthèse et par l'action de l'ombre (César, 1991). L'arbre influence le niveau de production de phytomasse herbacée, et si le couvert est fort il est défavorable pour le tapis herbacé (Akpo, 1998). Les espèces plantées (*Pinus* ou *Acacia*) n'influencent pas les valeurs de phytomasse totale des recrûs forestiers, elles sont presque identiques (28,6 et 30,8 t.ha⁻¹).

Conclusion

Cette étude de la régénération dans les reboisements en pins et acacias après perturbations nous a permis de conclure que des espèces natives malgaches se régénèrent bien dans ces milieux. Les résultats des AFC ont permis à la fois d'identifier les principaux groupements et de décrire la dynamique végétale. On note une tendance à l'évolution progressive, si les perturbations anthropiques, notamment la mise en culture, sont supprimées. Dans ce cas, la reconstitution évolue vers des forêts secondaires qui sont plurispécifiques avec un niveau de production élevé. Dans le cas contraire, le mécanisme de régénération est bloqué au stade des formations herbeuses qui sont assez pauvres en espèces avec une production faible.

Ces travaux ont permis de comprendre que les reboisements peuvent contribuer à restaurer des écosystèmes dégradés, afin que la biodiversité "sorte" des aires protégées.

En effet, ces recrûs sous reboisement attirent la faune frugivore et entretiennent de ce fait des relations complexes de pollinisation et de dispersion des graines aux marges des forêts, propice à l'hétérogénéité des paysages ruraux.

Les plantations de pins, outre la production de bois, peuvent donc également contribuer à rendre des services écologiques et méritent donc également l'attention des projets de conservation.

Chapitre 14

La contrainte érosion chez les Tanala : savoirs et gestion

Rakotoson D.J., Rakotonirina A. & Serpantié G.

Résumé : Les Tanala sont avant tout des essarteurs, provoquant par leurs pratiques récurrentes de culture sur brûlis ou tavy le recul progressif de la forêt orientale. Cette pratique auxquels s'ajoutent les conditions du milieu naturel, la proximité de la grande falaise Tanala avec de fortes pentes et une pluviométrie élevée, pourraient faire penser à une zone a priori fortement propice à l'apparition de phénomènes érosifs. Parallèlement à une étude sur l'érosion, notre recherche s'est proposée d'interroger le paysan tanala sur ses savoirs sur les sols et sa perception de la contrainte érosion, et de comprendre les pratiques qui lui permettent de la gérer. Les enquêtes, menées dans les deux villages tanala de la commune de Tolongoïna, ont permis d'identifier différentes représentations du milieu (paysage, sols, pentes) que le paysan exprime en termes vernaculaires. Il distingue l'érosion de cause naturelle, qui a peu d'impact immédiat et est très peu prévisible (liée aux cyclones) à la dégradation anthropique après une série de mises en culture et de feux, qui peut modifier les sols à long terme et donner naissance à des processus érosifs visibles, mais seulement progressivement. Il n'existe pas de lutte ouverte contre l'érosion mais la pratique du tavy comporte de multiples précautions, notamment le non labour, le non dessouchage, la coupe systématique des arbres, le choix du terrain, qui préviennent d'une érosion dramatique. En revanche, le paysan est conscient de l'érosion sévère que pourraient provoquer des pratiques comme le labour et le terrassement dans les conditions du milieu physique propre au pays tanala, alors que ces pratiques sont non seulement nécessaires mais possibles avec des risques limités en pays betsileo.

Mots-clés : tavy, érosion, savoirs, Tanala, Madagascar, lutte anti-érosive

Introduction

Les Tanala de Madagascar, de par leur nom - gens de la forêt - ont toujours été assimilés à une société où la forêt domine largement le mode de vie et la culture. Le système de culture dominant est le tavy ou agriculture itinérante sur brûlis, reposant sur l'exploitation temporaire des sols forestiers et des autres milieux ligneux, après défriche et brûlis des biomasses. Mais le pays tanala est également aujourd'hui une région de conservation de l'environnement : le corridor forestier Ranomafana - Andringitra qui borde la partie occidentale de son territoire est un site de conservation prioritaire avec ses aires protégées (parcs nationaux) et ses zones de gestion contractualisée des forêts ou GCF (Anonyme, 2004 ; Andriamahazo *et al.*, 2004). Le problème de la régression de la forêt et des conséquences qui s'ensuivent s'est posée assez tôt dans la société tanala. On retrouve cette question dans l'histoire des Tanala recueillie par Beaujard (1983), qui mentionne, au 18^{ème} siècle, la nécessité de déplacer fréquemment les villages tanala pour retrouver de la forêt et de bons sols pour le riz pluvial, donnant comme un mouvement de " poursuite " de la forêt. Aujourd'hui, la forêt restante se présente soit en petits lambeaux, soit comme un front tout en étant d'accès difficile et comportant des contraintes liées à l'altitude (voir chap. 2). Or, justement, dans le système itinérant des Tanala, le maintien du potentiel productif du sol dépend largement de l'accès des paysans à une superficie de forêt croissante, qui assurera à son tour la durabilité de l'activité agricole. En terme de dynamique agraire, on se trouve donc dans une période de transition, en l'absence de stocks forestiers.

Le tavy, qu'ils pratiquent depuis des générations, a toujours été décrié comme une pratique néfaste à l'environnement, entraînant déforestation (Humbert, 1927) et érosion des sols (Bailly *et al.*, 1976 ;

Rakotovololona, 1987). Cette vision très négative, qui a toujours largement cours, s'est développée à partir de points de vue consacrés exclusivement à la connaissance et la gestion expérimentale d'objets de la nature. Les résultats de ces travaux fondateurs ne peuvent pas être mis en doute mais la généralisation de telles conclusions est contestable. Il faudrait examiner les conditions expérimentales et le domaine de validité des résultats (Serpantié *et al.*, 2006). Il est aussi pertinent, avant de proposer toute forme d'alternatives, de se pencher sur ce que les Tanala eux-mêmes pensent ou font de cette question. Nous nous sommes donc posé les questions suivantes : Comment les paysans tanala perçoivent-ils le risque érosif ? De quelle manière le gèrent-ils et particulièrement dans les nouvelles conditions de la déforestation et de la conservation ?

Région d'étude et premières constatations

Choix des villages d'étude

Un espace tanala proche du corridor ayant de fortes relations avec les Betsileo (proximité du pays Betsileo, existence du train, de liens matrimoniaux, d'échanges réguliers de main d'œuvre, de migrants) a été choisi. Les villages étudiés, Ambalavero et Ambodivanana sont situés en lisière orientale du corridor forestier, au bas de la falaise tanala, dans la commune de Tolongoïna, district d'Ikongo. Ce choix voulait intégrer plusieurs critères jugés pertinents pour l'étude de l'érosion à savoir : des états de déforestation différents, la population et la topographie. Ambodivanana est beaucoup plus déforesté et plus anciennement peuplé qu'Ambalavero, avec un état de déforestation plus ancien.

Mise en évidence d'un aléa érosif majeur

La proximité de la falaise, et son intégration dans les territoires villageois déterminent la particularité de cette zone. Les territoires villageois comportent trois situations topographiques : le haut de la falaise (1100 m), l'escarpement (grande pente, entre 1100 et 700 m), une zone de petites collines en pied de falaise (500-700 m). Du haut de la falaise jusqu'aux collines, certaines lignes de crêtes peuvent atteindre 3 km de long. Le relief est accusé : les pentes cultivées de plus de 30° sont généralisées. Les sols de pentes sont des sols ferrallitiques fortement rajeunis, sensibles aux mouvements de masse notamment à cause de leur qualité meuble et leur bonne infiltrabilité. Les sols de crêtes et de bas de pente sont moins filtrants et plus résistants aux effondrements, mais produisent des ruissellements lors des pluies cycloniques du fait de l'existence d'un horizon B plus argileux et peu perméable (Rakotonirina, 2006). La falaise provoque des pluies orographiques, qui élèvent la pluviométrie à plus de 2500 mm/an et l'excédent hydrique cumulé à 1500 à 2000 mm, ce qui est proche du maximum à Madagascar, et contraste avec le pays rural Betsileo dont l'excédent n'est que de 200 mm (Serpantié *et al.*, 2007). Les cyclones qui se produisent une année sur trois en moyenne peuvent augmenter ces totaux et être très violents avec de fortes intensités journalières. De même les averses orageuses de saisons de pluies peuvent être très abondantes. Cet ensemble de paramètres climatiques et géographiques produit l'aléa érosif maximum de toute la province de Fianarantsoa. Cet aléa est révélé d'ailleurs par de graves et fréquentes atteintes aux voies de communication, notamment ferroviaires, exigeant des mesures anti-érosives actives et de gros travaux de déblayage et réparations en cas de cyclone (Freudenberger *et al.*, 1999).

Caractéristiques biologiques et sociales du milieu tanala

La répartition de la couverture forestière suit la topographie. Le haut de la falaise est encore très couvert : sur les 22,8 km² de forêts que comptent les deux villages, près de 20 km² se situent au dessus de 800 m (Rakotoson, 2006). La zone de basse altitude est très déforestée, c'est celle où se trouvent les villages et où se pratique l'essentiel des activités agricoles. Des contraintes climatiques gênent l'expansion des tavy tanala en altitude (Serpantié et al., 2006).

La déforestation dans cette zone de basse altitude peut être imputée aux tavy répétés sans laisser le temps de régénérer la forêt entre deux cultures, une pratique séculaire des Tanala (Collectif, 1987 ; Beaujard 1983), mais pas seulement. Comparé à la forêt des Hautes Terres, la régénération forestière est ici gênée par la présence d'espèces végétales invasives pantropicales de climat chaud et humide qui couvrent rapidement le sol (Melastomataceae, Zingiberaceae) (chap. 2). La grande taille des zones défrichées est un autre facteur probable de dégradation du potentiel de régénération.

L'histoire recueillie dans la tradition orale révèle que les Tanala de ces deux villages sont d'ancienne ascendance Betsileo et que des flux migratoires réguliers se poursuivent (Rakotoson, 2006). En dehors des rizières irriguées, introduites par des migrants et le colonisateur avec l'appui de formateurs et manœuvres betsileo, les relations étroites et quasi-quotidienne entre ces deux sociétés n'ont cependant apparemment pas déteint sur les pratiques agricoles les plus fréquentes. Le labour à l'*angady* (bêche étroite à percussion lancée) qui reste particulier au pays betsileo n'est pas pratiqué en dehors des rizières irriguées (et le plus souvent par des manœuvres saisonniers betsileo). Le tavy de riz pluvial est une caractéristique du pays Tanala, absente du pays betsileo. Sur les pentes, le paysage de verdure sans traits particuliers n'a rien en commun avec les paysages organisés en rideaux et terrasses du pays Betsileo. L'habitat, fait de maisons et greniers de bois et de bambou sur pilotis est typique des basses terres de l'Est. L'organisation sociale elle-même confirme l'identité tanala avec la présence des *mpanjaka* qui co-dirigent la société avec les autorités administratives. Plus récemment les associations COBA (Communauté de base) ont été instituées avec la gestion contractualisée des forêts relictuelles et tendent à jouer un rôle de plus en plus important dans la communauté (Blanc Pamard & Rakoto Ramiarantsoa, 2006).

Des pentes longues et raides, un fort excédent pluviométrique, des sols soit sensibles aux mouvements de masse soit propices au ruissellement suivant leur localisation, une déforestation très avancée dans la zone de basse altitude, des pratiques de défriche-brûlis mettant le sol à découvert juste avant les pluies, marquent *a priori* cette zone du pays tanala comme un milieu fortement propice à l'érosion et à la dégradation des sols par l'agriculture. Cependant, une vue générale du paysage et des pratiques paysannes ne semblent pas indiquer de dispositifs particuliers face à cette contrainte, comparé au pays Betsileo où ils abondent, sous un climat pourtant bien moins érosif. Cette rapide constatation poserait le paysan tanala comme incapable d'adopter des pratiques de lutte contre une contrainte *a priori* pesante de son milieu. Pour dépasser ce raisonnement trop court, il faut étudier la réalité de l'érosion dans les terroirs, et analyser comment les paysans envisagent et gèrent une éventuelle contrainte "érosion".

Réalité de l'érosion dans les terroirs tanala

Des traces d'érosion existent certes localement dans les deux territoires étudiés mais n'ont pas le caractère envahissant ni généralisé (Rakotonirina, 2006) qu'on s'attendrait à observer au vu des risques mesurés, des pratiques, et de ce qu'en dit la littérature "anti-tavy". Rakotonirina (2006) compte cependant plus de symptômes (éboulements, rigoles dans les creux de versant, sols à horizon A réduit, blocs de cuirasse en surface) dans le village déforesté anciennement de Ambodivanana que dans le village voisin encore partiellement forestier de Ambalavero.

Une telle rareté de symptômes d'érosion renverrait donc soit à des processus très insidieux et masqués par le retour rapide de la végétation, particulièrement vigoureuse, soit à une prise en charge efficace du risque érosif par les pratiques paysannes, dans les conditions physiques des territoires actuels. En recensant, avec les paysans, les zones d'érosion en masse cicatrisées, et en examinant les états de surface des champs de riz et de manioc (croûtes, rigoles), Rakotonirina (2006) n'a pu constater de phénomènes érosifs insidieux massifs. D'autres chercheurs de terrain avaient réalisé la même constatation d'une rareté de symptômes d'érosion en pays tanala (Battistini, 1965 ; Le Bourdieu, 1974, p283). En revanche, Rakotonirina (2006) confirmait que :

- sur les pentes, la bonne infiltrabilité et la faible érodibilité du sol de surface limite les phénomènes d'érosion en nappe, sauf dans les creux en cas de ruissellement émis en amont. L'érosion en masse est par centre hautement risquée en période cyclonique ;
- sur les sommets et les bas de pente, les ruissellement émis se produisent plusieurs fois par an et l'érosion en nappe est possible.

On en revient donc à suspecter une bonne adaptation des pratiques à des conditions d'érosivité élevée sous-tendues par des savoirs spécifiques.

Hypothèses

Suivant l'idée qu'il existe des perceptions et des savoirs en matière de gestion des contraintes naturelles développés par chaque société autochtone sur son milieu naturel, notre hypothèse de travail est que les Tanala ne dérogent pas à cette règle. Ces savoirs sous-tendraient des pratiques locales (organisation spatiale, itinéraires techniques) adaptées à l'érosion dans les conditions tanala ordinaires, mais dont l'efficacité a, comme toute pratique humaine, des limites lorsque les conditions changent.

Méthodologie

Deux échelles d'investigation ont été adoptées pour connaître les savoirs et les perceptions des paysans. La première est celle du territoire villageois afin de lier les savoirs et les pratiques générales à un groupe social rattaché à un territoire, en l'occurrence les Tanala de la zone de contrebas de la falaise. Ensuite, nous nous sommes penchés sur l'exploitation agricole et ses réalisations pratiques pour faire le lien entre les savoirs d'un groupe local et l'application particulière qu'en fait le paysan (pratiques individuelles) : ce qu'ils savent concernant l'érosion, et comment ils agissent, que ce soit ou non en conséquence des savoirs exprimés.

S'agissant d'abord de recueillir des discours, notre première difficulté a été de faire comprendre aux représentants des villages ou aux paysans individuels le mot "érosion" tout en essayant de ne pas transmettre la vision négative attachée à ce thème. En effet, le terme "érosion" n'a pas de correspondance exacte dans le dialecte tanala. Il a donc plutôt fallu partir du sol et s'intéresser au lexique de la population locale pour savoir comment elle en parle et voir comment elle le définit, selon les méthodes proposées par Blanc-Pamard & Milleville (1985) et Blanc-Pamard (1986).

L'échantillonnage des villages est basé sur le critère "taux de déforestation". A l'échelle exploitation, le critère topographie a été adopté. Le niveau de déforestation et le type de pente constituent en effet des facteurs déterminants des pratiques culturelles (Bema *et al.*, 1995 ; Ngezi & Mietton, 1995). Pour les conditions de mises en œuvre des pratiques, des observations à l'échelle de la parcelle ont été effectuées sur des chantiers agricoles.

Résultats

Penser le milieu : approche linguistique

Le paysage et les terres

La société tanala utilise des termes vernaculaires pour décrire et énoncer les différentes unités du paysage. La couverture végétale est prise en compte. Le paysan de la région étudiée distingue les régions avec forêts *an'ala* et sans forêt *am-patrana*, terme souvent utilisé pour désigner le pays rural Betsileo. Et bien que la forêt ait beaucoup régressé dans la zone de basse altitude de leur territoire villageois, en particulier dans celui d'Ambodivanana, cette zone est toujours appelée *an'ala*.

Ils différencient aussi les formes du paysage sur le critère topographique. Le haut de la falaise est appelé *an-tety* et la zone de contrebas est *ambody tety*. Au sein de cette dernière unité spatiale, le paysan détermine visuellement des types de pente selon leur raideur, du plus pentu au plus doux : *harana*, *foringa*, *harenana*.

Le sol est qualifié par le paysan par sa couleur, sa structure, ses plantes indicatrices courantes et son exposition. Les sols du pays tanala sont considérés comme *malemy* (meuble), comparés à ceux du pays betsileo qui sont *mahery* (dur). Mais à part la connotation de structure et de cohésion que cela implique, cet adjectif désigne une bonne qualité de sol pour l'agriculture tout en reconnaissant sa fragilité vis à vis du glissement sur une pente forte ou de l'entraînement par l'eau. Pour le paysan, un sol forestier est composé en principe de couches de terre qui sont depuis la surface :

- le *tany mainty* (sol noir), correspondant à la couche organique de surface, juste sous la litière, qui n'est pas incluse dans le *tany* ;
- le *tany roaka*, assimilé à l'horizon A des sols ferrallitiques, avec présence de matière organique ;
- le *tany mena mavo* (jaune-rouge) ou zone intermédiaire, correspondant à un horizon B ou BC d'accumulation du même sol ;
- le *tany mena* (rouge) ou *andrin-tany* (pilier du sol), correspondant à l'horizon d'altération C ou CB.

Il existe des perceptions sur les modifications des sols en fonction de la situation propre du village. Les paysans d'Ambodivanana ressentent beaucoup plus nettement une baisse de fertilité ou "goût du sol" dans les champs de *vohitra* (ou collines) que ceux d'Ambalavero, riche en forêts. Les paysans d'Ambodivanana estiment qu'il existe également beaucoup plus de *tany mahery* qu'autrefois alors que ce genre de discours n'est pas entendu à Ambalavero. Cependant, des zones localisées couvertes d'une fougère *ringotra* (*Dicranopteris linearis*) y sont déjà attribuées à un sol devenu localement "mahery".

Aléa érosif et vulnérabilité aux risques érosifs

Les paysans n'imputent pas le changement progressif du sol cultivé, après plusieurs cycles de *tavy* et feux (baisse de fertilité, plus grande dureté), à des phénomènes d'érosion, de perte en terre.

En effet, les phénomènes d'érosion décrits par les paysans sont le plus souvent de cause naturelle. Les éboulements, qui sont les plus visibles, sont appelés *tany toha*. Les plus grands éboulements sur les versants apparaissent le plus souvent en période de cyclones à cause des fortes pluies et des vents violents. Les gens disent que les vents font osciller les arbres et laissent des "trous" à leurs pieds par lesquels les eaux de ruissellements s'infiltrent et rendent le sol très meuble qui finit par s'ébouler sur les fortes pentes. Quant aux décrochements ou affaissements (*tany niambaka*), ce sont des fissures rectilignes qui annoncent le plus souvent un éboulement futur. L'érosion en nappe n'est pas nommée localement mais on reconnaît des ruissellements qui sont appelés *riaka* ou *ranovohitra*, dont l'ampleur et la vitesse dépendent de la couverture végétale. Enfin, il y a le *longeona*, qui est une sorte de chenal souterrain dans lequel s'écoulent des eaux souterraines et les eaux de ruissellement. Les paysans

reconnaissent donc bien l'existence de phénomènes érosifs dont la réalité est attestée par des observations approfondies du milieu, mais particulièrement dans la situation déforestée (Rakotonirina, 2006).

Certaines situations (périodes, lieux) peuvent être reconnues plus propices que d'autres à des phénomènes érosifs. Par exemple, les ruissellements peuvent emporter le sol lorsque les cultures sont au stade jeune et ne recouvrent pas bien le sol, ou dans les zones de très fortes pentes ou *harana* et dans les zones de creux ou *gebona*. Les cyclones et les fortes pluies peuvent causer des déplacements importants de terre. L'aléa érosif existe donc bien pour les paysans, les différentes manifestations possibles d'érosion sont connues et rattachées à des conditions données, mais le lien avec la dégradation générale des terres cultivées n'est pas fait, ni d'ailleurs le lien avec les pratiques *globales* (*le tavy*) dans un sens ou dans l'autre : celles-ci ne sont ni expliquées, ni justifiées directement dans le discours, par ce risque. En revanche, certains paysans parlant français, nous ont dit spontanément : " *Il n'y a pas d'érosion, puisqu'on ne laboure pas* ".

Dégradation des sols

Les phénomènes naturels d'érosion décrits par les paysans ne sont pas perçus comme ayant des impacts significatifs sur les résultats agricoles. Un glissement de terrain n'empêche pas d'y planter du manioc l'année suivante. Le seul inconvénient qu'ils mentionnent est la destruction de la culture dans la zone d'éboulis.

Interrogés sur la cause de baisse de fertilité des sols, puisque l'érosion n'est pas invoquée comme cause, les réponses des paysans se rattachent à l'ancienneté de l'exploitation du sol, aux feux de brousse, et la durée insuffisante de la jachère. Ce qui nous a amené à les interroger sur leurs perceptions du *tavy*.

Le mot *tavy* possède trois sens différents. Il peut être assimilé à la défriche (l'action de couper les arbres et les arbustes), au lieu où se fait la défriche - brûlis, et au système entier qui comprend: la défriche, le brûlis, la mise en culture (riz, manioc) et la mise en jachère. Mais selon les paysans, chaque pratique a des impacts différents sur le sol. Ainsi, la défriche est-elle perçue bénéfique pour le sol, permettant une aération et un renouvellement de la matière organique du sol par décomposition des feuilles, racines et des bois de défriche. Le brûlis répété est perçu comme néfaste : selon les paysans, le feu fréquent durcit le sol qui devient donc *mahery*. Mais le système *tavy* en lui-même n'est néfaste qu'après plusieurs séries de cycles et si le temps de jachère nécessaire n'est pas respecté, temps qui doit s'allonger selon le paysan avec le nombre cumulé de cycles.

Relier pratiques, savoir locaux et savoirs scientifiques.

Des phénomènes d'érosion existent en pays Tanala et sont reconnus par les paysans, et sont essentiellement des glissements de terrain localisés et ruissellements érosifs exceptionnels survenant sur les milieux les plus exposés et dans des conditions culturelles critiques. Etant imprévisibles et rattachés aux phénomènes naturels, à la malchance, et n'ayant pas de conséquence productive évidente, ils ne font pas l'objet de lutte visible, particulière. Cependant, les pratiques étudiées cette fois plus en détail, dans toutes leurs dimensions, et en les confrontant aux données pédologiques et connaissances paysannes, révèlent en réalité des préventions très élaborées ayant permis de maintenir un équilibre pour ne pas déclencher une érosion plus massive.

Pratiques spatiales ayant un impact réducteur de vulnérabilité à l'aléa érosif

Au sein du paysage tanala, on ne remarque pas d'aménagements " classiques " vis-à-vis de l'érosion, comme ceux qui sautent aux yeux en pays Betsileo. Mais les champs tanala ne sont pas placés " au hasard ". Au contraire, cet agencement fait l'objet d'une attention particulière, et quasi systématique.

Ainsi, les cultures temporaires tanala (riz, manioc) qui comportent plusieurs pratiques pouvant découvrir et perturber un peu le sol (brûlis, plantation, désherbage, récolte) se situent souvent dans la zone de mi-versant. Cette partie est considérée comme la plus durable, qui ruisselle peu et qui " change moins rapidement ". C'est la zone de *tavy*. Rakotonirina (2006) confirme que c'est la zone à sols fortement rajunés, sans horizon B peu perméable, donc à ruissellement rare. Le seul aléa serait : le glissement de terrain en cas d'invasion du sous-sol par des eaux de ruissellement d'amont et qui s'engouffreraient dans une ouverture.

Les bas de pente et creux *gebona*, plus sensibles aux ruissellements, et moins sensibles aux glissements sont les zones des cultures pérennes (bananier, canne, caféiers, arbres d'ombrage). Quant aux sommets, qui eux-aussi ruissellent, soit ils restent en forêt pour " conserver la qualité des sols de versants " (selon les paysans) contribuant à forcer l'infiltration (Rakotonirina, 2006), soit ils sont délaissés après quelques cultures car selon les paysans, ils perdent plus vite leur potentiel productif bien que forestiers. Ils portent donc souvent un couvert ligneux, ou un reboisement à *Eucalyptus* à Ambodivanana. Mais ils peuvent aussi être brûlés pour en faire du pâturage, dans les terroirs déforestés depuis longtemps.

Pratiques techniques ayant un effet réducteur de la vulnérabilité.

L'itinéraire technique du *tavy*, examiné en détail, compte également des pratiques qui réduisent la sensibilité à l'aléa érosif et sont justifiées comme telles par les paysans.

- Absence de dessouchage : les souches et troncs coupés et calcinés sont laissés dans le champ, pour ne pas provoquer des trous dans le sol dans lesquels les ruissellements peuvent s'engouffrer, selon les paysans ;
- Coupe complète des arbres : ainsi ils n'oscillent pas au vent et ne produisent pas d'ouvertures, selon les paysans ;
- Absence de travail du sol (labour), car avec un milieu pentu et une forte pluviométrie, les pertes en terre après fragmentation du sol risquent d'être très importantes, ce que les expérimentations ont bien démontré (Brand, 1990) et ce que certains paysans disent ;
- Une durée de culture limitée (un à deux ans), des intercultures non travaillées, et une jachère suffisamment longue, qui permet de restaurer après brûlis le " goût " de la terre (pour les paysans), ce qui correspondrait à l'ensemble de propriétés physiques, chimiques et biologiques du milieu nécessaires aux cultures. ;
- Arrachage des mauvaises herbes et couverture du sol par leurs résidus, sans travail du sol
- Récolte du riz en panicules ;

Ces différentes précautions, au niveau des pratiques techniques comme des modes de gestion de l'espace, font partie des pratiques ancestrales des Tanala et transmises de générations en générations. Le système *tavy* sans travail du sol limite les pertes en terre et glissements de terrain dans ce milieu pentu et à fortes pluies, par rapport aux modes de culture *betsileo*, dont les terrasses et les labours sont peu adaptés au contexte climatique et morpho-pédologique tanala. Mais on sait par ailleurs que le *tavy* est avant tout un moyen de subsistance demandant un travail et une technicité réduite. Il est de plus culturellement important pour les Tanala, qui se définissent et sont perçus par les autres groupes comme les gens du *tavy*.

Interprétation des pratiques en terme de savoirs intégrés dans l'action

Les détails de cette pratique qui limitent le plus l'aléa érosif, décrits plus haut, représenteraient donc, à côté des autres adaptations connues du *tavy* (la valorisation optimisée du travail, l'adaptation à la dynamique de la fertilité et des mauvaises herbes à court terme, la faible technicité exigée, l'outillage

réduit et adapté aux déplacements, l'adaptation au risque cyclonique dans les bas-fonds, la faible densité de population) une forme élaborée d'adaptation technique au risque érosif et à ses particularités régionales (fortes pentes, sensibilité des sols aux glissements de terrain, excédent hydrique, cyclones) visant à réduire la vulnérabilité des sols et des cultures à l'aléa érosif très important. L'efficacité de ce " mode de gestion de l'érosion " se retrouve dans la rareté de symptômes d'érosion dans les champs et les terroirs, alors que le milieu est hautement érosif.

Le rôle de ces pratiques " sans labour " comme gestion de l'aléa érosif de fait n'est pas exprimé par les paysans. Pourtant les risques du labour leur sont connus, De même, certains paysans connaissent bien le risque lié aux entrées de ruissellement dans les ouvertures du sol. Au maintien des forêts en sommet de colline est associé " le maintien de la qualité des sols des versants, notamment leur humidité ", sans compter " la conservation des sources ".

De tels savoirs sur la prévention de l'érosion seraient donc intégrés au niveau des comportements techniques, plutôt que raisonnés ou verbalisés, ce qui serait le cas si d'autres choix étaient possibles. Actuellement, ces préventions contre l'érosion peuvent être qualifiées de gestion passive : On évite certains lieux, certaines actions. Le risque érosif n'est ni l'unique ni le principal motif de leur mise en œuvre. On l'a vu, elle n'est pas moins efficace qu'une lutte active. Une attitude de lutte active contre l'érosion, mettant en œuvre des pratiques dirigées contre ce seul problème, existe aussi. Quelques aménagements anti-érosifs timides ont été observés : des *kipahy* ou terrasses rizicoles de type Betsileo, mais dans des lieux très spécifiques et stables (zones concaves, vallons en légère pente, bas de pente, replats, éboulis) ce qui relève de la précaution ; des fascines et des canaux, près des rizières pour lutter contre les éboulements de berges. Si on laboure, ce qui reste très rare (pour le gingembre), des haies de vétiver ou de *Canna* sp., *Datura* sp., sont installées en ligne pour essayer de prévenir l'érosion, qui est donc dans ce cas attendue et redoutée. Le caractère intentionnel de cette gestion est bien avéré par les connaissances sur les actions à risques et leur évitement systématique.

L'évolution prévisible de la vulnérabilité et les réponses possibles

Adaptation aux changements : déforestation et mesures de conservation

Pour le moment, l'équilibre entre contraintes du milieu et pratiques paysannes est maintenu mais le risque érosif pourrait s'accroître si une pression plus forte sur l'espace se développait. Les savoirs et pratiques actuels, qui semblent adaptés au contexte écologique et démographique des villages peu déforestés, seront-ils suffisants et efficaces dans l'avenir, dans le nouveau contexte d'une plus forte densité de population et de mesures de conservation des espaces forestiers ? En effet ils conduiront à la diminution de la durée de la jachère et l'augmentation de la durée de culture. Avec la généralisation du manioc, qui couvre moins le sol et le perturbe plus (actions de travail localisé, de sarclage, de récolte), l'érosion s'accroîtra. Certaines situations topographiques peu propices à l'exploitation agricole sont déjà de plus en plus convoitées avec la réduction de l'espace disponible, liée à la mise en défens des vieilles jachères et des reliques forestières (décidées dans le cadre GCF), ou encore avec le blocage de la migration vers des terres neuves par la mise en conservation des dernières forêts tanala résiduelles de basse altitude.

Une telle gestion passive de l'érosion trouvera vite ses limites dans un tel contexte, car Rakotonirina (2006) a montré par ailleurs que les symptômes d'érosion s'accroissent dans les " vieux terroirs " déforestés et longtemps cultivés. Dans ce cadre local, les villageois d'Ambodivanana qui est le plus déforesté met en œuvre ou du moins, tente beaucoup plus de pratiques anti-érosives actives qu'à Ambalavero. Quelques tentatives " expérimentales " de lutte active ont été observées à Ambodivanana (lignes de *Datura*), sans liens apparents avec l'extérieur, et dont nous ne sommes pas encore en mesure d'évaluer la pertinence.

La place stratégique d'une culture semble aussi être déterminante dans l'adoption d'une gestion active, puisque nous avons vu que les rizières de bas-fonds font l'objet d'une lutte anti-érosive plus active. Cela tient, d'une part à la place du riz dans l'alimentation, à la raréfaction du riz pluvial, peu à peu remplacé par le manioc plus rustique (pas de feux, sols moins fertiles) et au fait que les bas-fonds sont des lieux fortement convoités et propices à une agriculture plus durable, bien que risquée.

Cadre régional : rôle des transferts de savoirs betsileo

Cela nous a conduit à nous interroger sur la capacité des Tanala à mettre en œuvre une gestion plus active, en s'appuyant par exemple sur l'exemple betsileo. Leur culture technique a-t-elle hérité un peu des Betsileo, gens des Hautes Terres, spécialistes de la lutte anti-érosive (Blanc-Pamard & Rakoto Ramiarantsoa, 2006), voisins des Tanala et qui ont tissé depuis plusieurs générations des liens avec eux ? Ont-ils introduit de nouveaux savoirs, mode de penser l'érosion, et pratiques pour la prévenir ou la contenir ? Il est clair qu'en pays betsileo les pratiques anti-érosives actives sont nettement plus répandues qu'en pays tanala. Le sens betsileo du terrain et de son aménagement pour l'agriculture est réputé très élaboré (Le Bourdieu, 1974). Mais les conditions naturelles y sont aussi très spécifiques; sols plus durs exigeant des labours, érosivité moyenne du climat à la fois permettant de labourer et de construire des rideaux et terrasses sans trop de risques, et à la fois exigeant ces dernières précautions (Serpantié *et al.*, 2005). Dans ces conditions, la spécialité "aménagiste" betsileo, attribuée souvent à un héritage culturel, doit certainement aussi beaucoup aux nécessités et possibilités du milieu naturel des Hautes Terres "sèches". Le sol est dur, il faut donc labourer, donc faire des terrasses, et les terrasses tiennent car le sol est dur et l'érosivité moyenne.

Les rizières, les *kipahy* (terrasses) et les rigoles sous talus de banquettes, empruntées aux pratiques ayant cours en pays betsileo, sont observées çà et là en pays tanala. Elles permettent de penser que le milieu naturel et les tanala ne sont pas opposés à l'adoption d'une gestion plus active de l'érosion, en cas de nécessité. Mais elles sont le plus souvent mise en œuvre par leurs spécialistes, les manœuvres betsileo ce qui pourrait faire penser que les tanala ne sont pas prêts pour leur adoption réelle. En fait, la main d'œuvre betsileo est aussi très sollicitée pour travailler les rizières de bas-fonds en pays tanala où ils peuvent appliquer leur "art" et où ils se distinguent par leur rapidité et leur habileté. Il en est de même pour les Tanala, spécialistes de la défriche et du maniement de la hache, qui vont faire la défriche pour les Betsileo en zone forestière. Ces spécialités sont en accord avec les spécificités de milieux naturels d'origine de ces travailleurs.

Mais ces aménagements "type betsileo" ont de sérieuses limitations en contexte écologique tanala. Des effondrements ont en effet été observés, tant au niveau de rideaux que de terrasses rizicoles, dans des aménagements produits par des migrants betsileo dans leurs propres exploitations, alors que ces destructions sont rares en pays betsileo. Ceci réduit la faisabilité de ces innovations aux lieux les plus propices, et par leurs seuls spécialistes.

Ainsi, la perception de l'état du milieu et de ce qu'il exige ou interdit, l'apprentissage d'autres savoir-faire et la place plus ou moins essentielle de la culture à protéger, devraient jouer beaucoup dans l'adoption de techniques anti-érosives passives ou actives, issues des voisins ou des propositions exogènes. Examinons donc les propositions actuelles exogènes de lutte, ou de prévention contre l'érosion, préconisées par les acteurs de l'environnement et du développement rural pour le pays tanala.

Propositions exogènes et devenir

Le projet FCER (Fianarantsoa Côte Est Rehabilitation) a introduit des moyens de lutte anti-érosive active avec l'emploi de haies de vétiver mélangées d'arbres fruitiers sur les talus et tranchées du chemin de fer. Son adoption se concentre uniquement sur les zones riveraines du rail, qui possèdent

des conditions de milieu et socio-économiques fort différents des villages situés 300 m plus bas. Ces terres sont particulièrement vulnérables aux éboulements, étant à proximité de la voie et constituées de remblais. Les paysans surtout betsileo louent à la compagnie FCE les champs se situant 50 m de part et d'autre de la voie, et sont, non seulement, plus ou moins tenus de réaliser ces aménagements, mais encouragés financièrement par une remise sur les loyers. Ces techniques ne sont quasiment pas appliquées ailleurs.

Les associations paysannes **Kolo Harena** de l'ERI (EcoRegional Initiative) ont proposé des canaux sur les versants mais nous n'en avons observé aucun sur le terrain, en dehors des habituels canaux de bas de versant qui irriguent et protègent les rizières. Les paysans ne semblent pas être convaincus de l'intérêt et de l'efficacité de cette technique, restée au stade théorique. On a vu que par ailleurs, les paysans évitent tout ce qui perturbe en profondeur les versants, en rapport avec le risque d'éboulements et de *longeona*.

En revanche, la mise en place de la Gestion Contractualisée des Forêts ou GCF constitue un exemple de succès particulier. En effet, ce projet ne vise pas à lutter contre l'érosion mais à instaurer une conservation plus stricte des forêts reliques, qui se trouvent généralement en position sommitale. Elle permet donc indirectement le maintien de la qualité des sols sur les versants (selon les paysans) et réduire les ruissellements venant de l'amont, donc protéger les cultures de pente (Rakotonirina, 2006). Ce qui est en harmonie avec ce que pensent les paysans et conforte leurs pratiques. Lorsqu'ils le peuvent, ils respectent ces massifs appelés *songon'ala* traduisible par " toupet de forêt ". Même à Ambodivanana, le plus déforesté, subsistent ces touffes forestières relictuelles de sommet de colline. Les règles de la GCF coïncideraient aux savoirs paysans sur l'intérêt de cette pratique pour maintenir sols et eaux.

On peut donc, en comparant les propositions extérieures et les logiques paysannes, constater un hiatus dans le cas du vetiver et des canaux, qui n'ont pas été pensés ni en rapport aux besoins des cultures prioritaires, ni à la sensibilité du milieu aux perturbations. Pour le vetiver, ce n'est pas forcément un problème car l'objectif premier est la viabilisation des voies ferrées et non la production.

Quant à l'heureuse convergence entre gestions paysanne des paysages et GCF, elle semble fortuite car les GCF visent d'abord la biodiversité, la gestion durable du bois et non explicitement la lutte anti-érosive. Ce " service écologique " (conservation du sol par la forêt) est parfois mis en exergue dans les films d'éducation environnementale, mais sous forme de généralité, de lien entre déforestation et érosion de type *lavaka*, laquelle n'existe pas dans la région. Alors que dans le cas Tanala, ce n'est pas tant la conservation forestière en tant que telle qui est " anti-érosive ", que le maintien de forêts sur les sommets pour réduire les ruissellements entrant dans les parcelles de pente et maintenir les sols dans un bon état d'humidité.

Discussion et conclusion

Les Tanala, notamment ceux de cette zone d'*ambody tety*, sont loin d'être ignorants pour ce qui est de l'érosion ni inactifs. En écoutant leurs discours et en observant leurs pratiques et leur milieu, nous avons pu constater que le lien causal généralement réalisé entre tavy et production d'érosion n'est pas aussi évident, même dans un milieu aussi érosif que le leur. Beaucoup d'études ont déjà montré que les paysans pensent leur milieu et agissent dans une logique souvent ignorée des techniciens ou autorités publiques (Dupré, 1991 ; Boiral *et al.*, 1985 ; Blanc-Pamard & Rakoto Ramiarantsoa, 2006). Selon Le Bourdieu (1974), les Tanala, conscients de l'aléa érosif, préféreraient défricher les forêts denses que les *savoka* (recrûs forestiers), pour cette raison (plus de souches et de troncs, donc moins d'érosion).

Nous avons trouvé que cette conscience de l'aléa, plus ou moins exprimée, explique bien certaines pratiques incluses dans le tavy actuel de jachères, même en l'absence de possibilités de défricher la forêt dense.

Une telle logique visant l'adaptation de leurs pratiques à leurs conditions naturelles n'est pas toujours exprimée dans les discours des paysans, mais elle interprétable par l'étude interdisciplinaire des liens entre pratiques, contraintes des milieux, et résultats (Blanc-Pamard & Milleville, 1985 ; Serpantié, 2003). Brand (1985) a aussi montré que la subsistance est mieux assurée en cas de cyclone par le tavy que par les rizières, ce qui renvoie à une gestion du risque. Ceci, et nos résultats, confirment un fait de plus en plus reconnu, que la gestion des risques serait souvent correctement assurée par les pratiques traditionnelles. Les " pratiques archaïques " telles que la jachère, le tavy, les variétés locales sont souvent bien adaptées au milieu et à ses aléas, et mises au point dans le cadre d'une société autochtone connaissant bien les contraintes et atouts de son milieu et redoutant les crises de subsistance. C'est pourquoi nous y voyons bien une gestion intentionnelle.

La connaissance des savoirs, perceptions, et pratiques des paysans peuvent donc être d'une grande utilité dans la conservation de l'environnement, dans la connaissance des risques auxquels sont soumis les agricultures locales, et comme un préalable à la réalisation de nouvelles adaptations, confirmant les recommandations de Yount & Rengoky (1999). Il faudrait faire coïncider ces perceptions et pratiques avec les propositions exogènes, comme dans le cas de la protection des *songon'ala*.

Avec les changements socio-démographiques qui vont survenir et les mesures de conservation que l'on attend, les pressions sur les terres cultivables risquent d'être plus intenses et pourraient entraîner des modifications dans les pratiques. A côté de pratiques favorables à la durabilité (agro-foresterie); des pratiques dangereuses pour les sols tels que le labour ou les terrasses, les jachères courtes pourraient se généraliser. Les savoirs des Tanala de la zone orientale, qui ont connu des déforestations plus anciennes ainsi que ceux des Betsileo pourraient prendre une grande importance pour ces villages pour le moment encore préservés, mais ces savoirs peuvent ainsi être insuffisants pour répondre à une situation naturelle très différente des Hautes Terres et des côtes. Des savoirs et des systèmes exogènes doivent donc être aussi mobilisés pour la mise en œuvre d'une gestion conservatoire de l'eau et des sols adaptée à ces nouvelles conditions. Dans ce cadre, les savoirs et pratiques actuelles, centrées sur le " non labour traditionnel " et une régénération biologique du sol cyclique, semblent compatibles avec des techniques de type SCV (système de culture sous couverture végétale), dont il faut cependant encore découvrir des modalités adaptées aux autres conditions, milieu écologique et conditions socio-économiques locales.

INTRODUCTION AU DEBAT

Belvaux E.

Quelles connaissances faut-il mobiliser pour identifier et accompagner des mesures de conservation ? Quelques éléments de réflexion...

En acceptant d'animer cette table ronde du séminaire de restitution du programme GEREM, je ne pensais pas me retrouver seul devant une assistance de chercheurs émérites, de développeurs chevronnés, de jeunes universitaires, avides de savoir. Mon collègue de l'Agence Nationale pour les Aires Protégées avec lequel je devais co-animer cette session nous ayant fait faux bond, je cherchais désespérément dans l'assistance, d'autres représentants d'institutions nationales (Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts, Office National pour l'Environnement, Service d'Appui à la Gestion de l'Environnement...) qui auraient pu être intéressés par la question et se positionner en interlocuteurs pertinents du débat.

Malheureusement, je ne trouvais pas l'ombre d'un représentant d'un de ces organismes, ni même la présence d'un des bailleurs de fonds du Programme Environnemental 3, qu'il soit bi ou multilatéral, organisation internationale de conservation ou instrument financier dédié à cette noble cause que constitue la protection de l'environnement à Madagascar... et en mon fort intérieur, je me faisais la remarque : " la question de ce débat ne devrait-elle pas plutôt être : comment instaurer un dialogue plus fréquent entre chercheurs et décideurs ? comment les connaissances acquises par les équipes de recherche pourraient-elles permettre de mieux orienter les mesures de conservation proposées par les bailleurs et mises en œuvre par les institutions nationales ? "

L'absence de représentants de ces différentes entités à un colloque de cette importance venait malheureusement conforter mon impression que le secteur de la recherche avait été involontairement sans doute " oublié " au moment de la construction du cadre logique du PE3. Est-il en effet envisageable qu'un programme de plus de 170 millions \$US ne dispose d'aucun financement spécifique pour la recherche en dehors de celle menée dans le réseau des Aires Protégées⁴⁶ (activité 132D) ? Cela voudrait-il dire que des domaines d'activités aussi divers que le droit, l'économie, la gouvernance, l'anthropologie, la sociologie ou plus simplement la gestion durable des ressources naturelles ne nécessitent plus aucun travail de recherche ? Et se pose par conséquent le problème : comment la recherche trouve-t-elle sa place dans un programme d'une telle ampleur ?

Ce qui nous ramène à la question initiale du débat car avant de décider quelle devra être la mesure de conservation la mieux adaptée sur un territoire et pour un contexte donné, les premières connaissances à mobiliser sont celles... des chercheurs. En effet, comme l'ont clairement fait apparaître les résultats des travaux présentés au cours de ce colloque, nombre de réponses aux interrogations des " développeurs " se trouvent dans les résultats des différents programmes de recherche engagés depuis quelques années à Madagascar. L'essentiel est d'avoir la patience d'attendre, ce que n'a pas, par définition, un bailleur de fonds qui souhaite obtenir des résultats sur

⁴⁶ Cf. étude Pardalis, 2005 ; Mise en cohérence des indicateurs des actions des bailleurs de fonds avec ceux du cadre logique du PE3, SMB : "Le cadre logique du PE3 présente certaines limites qu'il est intéressant de noter. Tout d'abord certaines activités ne sont pas retranscrites par le cadre logique. C'est le cas des actions dont le thème fait partie du cadre logique mais qui sont situées en amont, comme les programmes de recherche autres que ceux liés à la biodiversité dans les aires protégées."

des périodes inférieures à 4 ans... et qui par conséquent se trouve dans l'obligation d'inventer de nouveaux concepts (les exemples sont nombreux dans le Plan d'Action Environnemental malgaches depuis plus de 15 ans...) sans même souvent attendre les résultats de ceux engagés précédemment (vous avez dit " transfert de gestion ? ").

Pour compléter cette discussion qui a monopolisé une grande partie du temps consacré au débat, plusieurs interlocuteurs ont mentionné la contribution significative que pouvaient apporter d'autres acteurs, à différents titres, lors de l'identification ou l'accompagnement des programmes de conservation. Ont été cités les associations paysannes, les structures de concertation locales (telle le Comité Multilocal de Planification, regroupant 106 organisations à Fianarantsoa), les programmes de développement ayant une ancienneté suffisante pour apporter leurs " connaissances " du terrain... A ce titre, plusieurs intervenants ont sollicité des " visites-échanges " permettant de mieux appréhender ce que l'on entend par " mesures de conservation " et les répercussions sociales, économiques liées à leur mise en place.

Les " autorités traditionnelles " ont également été mentionnées. Il importe en effet, que les anciens, détenteurs du " savoir local " soient fortement impliqués dans les actions de conservation mises en place sur le terroir villageois.

Enfin, la discussion est progressivement revenue sur le thème de la recherche en souhaitant des interventions plus fréquentes des chercheurs dans l'enseignement universitaire (formateur des futurs décideurs, cadres étatiques ou de projets) et le développement de nouveaux programmes de type " Corus " permettant la formation de nombreux jeunes chercheurs malgaches.

A l'issue du débat, on conclura sommairement en statuant que parmi les nombreuses connaissances à mobiliser pour identifier ou accompagner les mesures de conservation, celles issues du monde de la recherche sont, définitivement...incontournables !

Troisième partie

**Concilier objectifs de développement et
de conservation : actions et recherches en
matière de gestion des activités et des
territoires**

Chapitre 15

Valorisation et contrôle des plantes introduites

Carrière S.; Randriambanona H. & Randrianasolo E.

Résumé : A Madagascar, île de grande biodiversité et haut lieu d'endémisme, les acteurs de la conservation tirent la sonnette d'alarme face à la déforestation et aussi face au nombre de plantes introduites invasives qui menacent les espèces et les écosystèmes. En effet, les organismes vivants apportés par l'homme ont depuis fort longtemps contribué à façonner les paysages malgaches à travers les plantations fruitières, les cultures vivrières, la riziculture et les plantations industrielles visant à reboiser les Hautes-Terres centrales. Presque toutes naturalisées, ces espèces, parfois invasives, prennent le pas sur les espèces malgaches. Pourtant, le contact très ancien avec les populations rurales malgaches, a contribué à l'adoption massive d'un nombre important de ces espèces. Phénomène évident pour les plantes cultivées il l'est moins pour les essences de reboisement et *a fortiori* pour les espèces sauvages. Sur la base de l'étude écologique et ethnobotanique de l'utilisation de l'eucalyptus et du goyavier de Chine (*Psidium cattleianum*, Myrtaceae) dans les villages en lisière du couloir RA, l'importance de ces espèces pour les communautés rurales qui les ont totalement adoptées (bois de chauffe, de construction, charbon, pharmacopée, marqueur, fruits, alcool...) sera mise en évidence. En effet, les espèces introduites adaptées aux conditions de vie malgaches pourraient, si elles sont bien gérées et contrôlées, ouvrir des perspectives industrielles de production de bois, de combustible, de carburants, de vitamines, de fibres... et ainsi contribuer au développement durable du pays.

Mots-clés : Madagascar, forêts, biodiversité, espèces introduites, invasions, reboisement, *Eucalyptus*, *Psidium cattleianum*, usages

Introduction

L'île de Madagascar subit à l'heure actuelle de nombreuses pressions liées à la présence de l'homme et à ses modes d'exploitation du milieu, qui ont des effets plus ou moins négatifs sur les écosystèmes. Les plus fréquemment cités sont : la déforestation et l'érosion de la biodiversité liée, les feux de brousse, l'érosion, les pollutions diverses, la destruction des récifs coralliens... Les politiques environnementales malgaches prennent en compte une majorité de ces facteurs de dégradation du milieu naturel, en particulier à travers la mise en œuvre de la Vision Durban, qui consiste à tripler la surface des aires protégées d'ici à 2008 (Carrière-Buchsenschutz, 2006). Pourtant, d'autres événements écologiques majeurs et néfastes sont à attendre, qui eux ne sont pas encore pris en compte par les gestionnaires de l'environnement. Ce sont les bioinvasions terrestres ou marines par des espèces animales ou végétales introduites (Binggeli, 2003 ; Carrière & Randrianasolo, soumis). Les effets attendus de ces bioinvasions apparaissent considérables à long terme aux yeux des spécialistes de la question (Binggeli, 2003). De plus, la création d'aires protégées n'aurait que peu d'effet sur cette menace interne aux écosystèmes, les espèces invasives étant également préservées au sein des aires protégées. Dans ce chapitre, il s'agira de comprendre en quoi les espèces introduites constituent une réelle menace pour la biodiversité malgache. En outre, la question de leur utilisation comme moyen de lutte intégrée ou comme alternative aux prélèvements des produits forestiers ligneux sera abordée. Pour illustrer cette réflexion, deux cas d'étude ont été choisis dans la région du couloir RA : l'*Eucalyptus* (Planche photographique 3c et Planche photographique 3a) et le *Psidium*.

Site d'étude

L'étude des usages de l'eucalyptus a été effectuée dans la Commune d'Androy (*fokontany* lambara) alors que l'étude des usages et de l'écologie d'envahissement de *P. cattleianum* a été mise en place à la fois

dans les Communes d'Androy et de Tolongoïna (région d'Ambalavero) (Figure carnet central 1).

La présence de l'eucalyptus dans cette région est relativement ancienne et ne peut être datée avec précision par les habitants. Son adoption fut timide dans cette zone (Carrière & Randriambanona, 2007), contrairement à la région de Manjakandriana où sa diffusion à partir de la voie de chemin de fer fut assez rapide (Bertrand, 1999) dès le début du 20^{ème} siècle. Pourtant, en lisière forestière, les plantations villageoises d'eucalyptus ou les pieds isolés marquent très fortement les paysages ruraux tout comme le pin (Planche photographique 3c et Planche photographique 3d). Véritable marqueur foncier, l'eucalyptus fait partie intégrante de la vie des paysans au même titre que les ressources forestières du couloir (Carrière & Randriambanona, 2007). L'étude des usages de l'eucalyptus, comme bois pour la construction des maisons (Planche photographique 3f), a été abordée dans trois sites selon un gradient d'éloignement à la forêt naturelle (Carrière & Randriambanona, 2007).

Le goyavier de Chine a été introduit dans cette région nord du couloir RA au début du 20^{ème} siècle, par les exploitants miniers de l'or pour la Commune d'Androy et par les techniciens en charge de la construction de la voie de chemin de fer (FCE, Fianarantsoa-Manakara) pour la Commune de Tolongoïna (Blanc-Pamard *et al.*, 2005 ; Randrianasolo, 2006). On peut supposer que c'est à partir de ces centres primaires d'introduction que cette espèce a ensuite pu diffuser plus largement dans ces deux communes. Les deux zones d'étude comportent à la fois des formations végétales envahies (ou la proportion de tiges appartenant à *P. cattleianum* est supérieure à 50 %) et des formations végétales peu envahies (où la proportion de tiges de *P. cattleianum* est inférieure à 50%). C'est dans ces deux types de formation que les modes d'établissement et de reproduction de l'espèce ont été étudiés et comparés.

Matériel et méthodes

Pour le cas de l'eucalyptus (une partie de ces résultats sont tirés de Carrière & Randriambanona, 2007), une étude qualitative des matériaux employés pour la construction des maisons a été effectuée selon un gradient d'éloignement à la forêt : un village, Igodona, à quatre kilomètres de la forêt (10 maisons), deux villages en lisière forestière, Ambendrana et Sahambavy (20 maisons) et enfin un village au sein du couloir forestier, Anahipisaka et ses hameaux (10 maisons). Tous les matériaux utilisés pour la construction de la maison et du mobilier ont été recensés et identifiés sur la base du nom vernaculaire et classés par types (fenêtres, portes, pannes faîtières...) (Carrière & Randriambanona, 2007).

Pour le cas du *P. cattleianum* : une étude quantitative des divers usages et du fonctionnement de la filière goyavier de Chine a été effectuée dans les deux sites d'étude sur la base d'observations *in situ* dans les villages, les maisons, les marchés et les gares et grâce à des enquêtes directives et semi-directives (Randrianasolo, 2006). Pour la partie écologique, l'environnement propice à l'envahissement (caractérisation des formations végétales), le mode de reproduction et de dispersion des graines de *P. cattleianum* et enfin sa régénération (pour un descriptif détaillé des méthodes voir Randrianasolo, 2006) ont été étudiés.

Résultats

L'Eucalyptus : une ressource ligneuse au centre des matériaux pour l'habitation (Carrière & Randriambanona, 2007).

Un total de 791 items a été recensé dans les maisons des trois sous-zones. Les résultats présentés ci-dessous sont de nature qualitative et montrent comment se répartissent les items, c'est-à-dire les

usages en fonction des matériaux utilisés dans trois sous-zones. Dans la zone d'étude, 59,9% sont en bois d'eucalyptus et 40,1% en bois d'essences malgaches. Ce pourcentage équilibré sur des données qualitatives illustre la complémentarité des usages que se partagent les différentes essences. En effet, certains matériaux exigent un bois dense et dur que l'on ne peut trouver qu'au sein de la forêt. Le nombre d'items et donc d'usages pour les essences forestières décroît très vite, au profit de l'eucalyptus, en s'éloignant de la forêt (Carrière & Randriambanona, 2007).

L'Eucalyptus est très fortement utilisé, mais seulement à proximité des zones de plantations. L'achat, la vente et le transport vers les villages de forêt semblent exclus. Le nombre moyen d'items par maison accorde une place plus importante aux reboisements en forêt qu'aux espèces forestières loin de la lisière (Carrière & Randriambanona, 2007). Les villageois ayant accès aux plantations peuvent se passer du bois issu de la forêt pour la construction de certaines parties de la maison, le contraire n'étant pas systématiquement vrai. Le nombre moyen d'items en eucalyptus par maison est toujours plus élevé à l'extérieur de la forêt (Carrière & Randriambanona, 2007). Le nombre d'items en essences de forêt en forêt, est équivalent en moyenne, voire inférieur, au nombre d'items en reboisements à l'extérieur de la forêt. Il est seulement possible d'avancer que les usages des espèces issues de la forêt sont plus diversifiés dans les villages de forêt, mais en aucun cas que ces villages consomment une plus grande quantité de bois de forêt. La taille des maisons et le niveau de vie des habitants de la forêt sont beaucoup moins élevés que dans les villages de lisière et éloignés de la forêt (Carrière & Randriambanona, 2007). Pour les villages de lisière, où les paysans disposent à la fois d'essences forestières malgaches grâce à la proximité de la forêt et d'essences de reboisement, leur choix se tourne préférentiellement vers ces dernières, représentant une alternative à l'exploitation des bois forestiers malgaches (Carrière & Randriambanona, 2007).

***Psidium cattleianum* : entre peste et richesse (Carrière & Randrianasolo, soumis)**

P. cattleianum est utilisée comme bois de service, de construction de clôture ou d'abris et comme bois de coffrage ou pour la construction d'échafaudage. La région d'Ambendrana est connue pour la fabrication de manches d'*angady* et de pilons dont c'est d'ailleurs la principale activité rémunératrice (Blanc-Pamard & Ralaivita, 2004). *P. cattleianum* fait partie des matières premières utilisées. De plus, le bois de *P. cattleianum* est également utilisé pour la fabrication de manche de couteau, manche de hache, de canne... Depuis la mise en place de la GCF en 2003, l'exploitation des ressources ligneuses forestières malgaches endémiques à des fins commerciales est interdite (Blanc-Pamard & Ralaivita, 2004). Seule l'exploitation pour les besoins ménagers est tolérée. Dans ce contexte d'interdiction et de contrôle, les villageois attribuent une valeur croissante au *P. cattleianum*. Il est abondant et de collecte autorisée. L'espèce est appréciée pour sa dureté, sa résistance et sa faible tension.

Pourtant, son noircissement suite au contact avec l'eau la rend difficilement commercialisable sous forme de manche d'*angady*. Pour la fabrication de pilon, de manche de hache et de couteaux, les populations locales classent cette espèce au même niveau que les meilleurs bois, tels que *Dalbergia* spp., *Weinmannia* spp., *Nuxia* spp. Sa dureté permet de gagner quelques mois d'utilisation par rapport à certaines espèces, comme *Mapouria* spp. et *Psychotria* spp. A Andrambovato, l'usage de *P. cattleianum* en tant que bois de service est un phénomène récent. Depuis deux ans, face à la limitation de la collecte des espèces locales, les gens se tournent également vers cette espèce exotique. L'utilisation de ce bois est semblable dans les deux zones. Mais les villageois d'Andrambovato utilisent, en plus, ce bois dans l'édification des maisons et des clôtures. En outre, l'exploitation est uniquement destinée à l'autoconsommation, excepté la fabrication des gaulettes de clôtures. L'étude statistique a révélé que qu'environ 15% des hommes produisent régulièrement des gaulettes et qu'ils utilisent tous le *P. cattleianum* pour ce faire.

Les fruits de *P. cattleianum* sont très appréciés par les populations rurales de ces deux villages. Généralement, les fruits sont consommés frais. La vitamine C contenue dans les fruits renforce probablement l'état de santé des enfants qui mangent environ 20 fruits par jour en moyenne. Ces fruits sont également vendus dans les marchés et les gares alentours. Certains habitants utilisent ces fruits dans la fabrication de confiture et de vin traditionnel qui serait semble-t-il de très bonne qualité. Lors de la transformation, la fermentation de 7 litres de jus de fruits et 300 g de sucre pendant 6 jours produit 2 à 3 litres de vin. Les vins produits sont consommés par les ménages. Durant la période de fructification, la commercialisation des fruits de cette espèce fait partie des activités rémunératrices pour les habitants des hameaux d'Ambalanonoka, d'Ambalavao Antsinana et d'Iambara, ce qui correspond à environ de 9,1% des ménages. Les produits sont vendus dans les deux marchés les plus proches et parfois évacués au marché de Fianarantsoa. En pays tanala, ce sont les habitants de Ranomena et de ses environs qui s'intéressent à la vente des fruits de *P. cattleianum*. La vente est pratiquée par 23,6% de la population active. Le pourcentage des personnes qui s'intéressent à la filière est plus élevé qu'à Ambendrana. La présence de la gare facilite l'écoulement des produits. *P. cattleianum* est également utilisé comme plante médicinale. Les populations utilisent les feuilles, les racines ou les fruits comme antidiarrhéique. La région dispose d'une grande potentialité en matière de plantes médicinales selon les études effectuées par Blanc-Pamard & Ralaivita (2004) et plusieurs essences autochtones ont les mêmes vertus que *P. cattleianum* mais ne sont pas toujours autorisées à la collecte. Cette espèce exotique peut de ce fait constituer un excellent substitut.

P. cattleianum compte également parmi les plantes mellifères de la région. Les fleurs sont visitées par les abeilles pendant les mois de novembre et de décembre. L'espèce fleurit pendant le *vakilalona*, durant lequel *Weinmannia rutenbergii* (Cunoniaceae), une essence mellifère importante pour la région, fleurit également. D'ailleurs l'un des sites envahis, Ambohimalaza, était un ancien lieu de collecte de miel (Blanc-Pamard & Ralaivita, 2004).

Enfin, en pays tanala, les formations à tendance mono spécifique de *P. cattleianum* font l'objet de culture sur brûlis. Suite à l'interdiction de l'extension des terres cultivées par le *tavy* dans les forêts naturelles par la COBA, les villageois d'Andrambovato défrichent ces formations envahies. Les sols couverts de cette espèce sont riches en matières organiques de part la dégradation des fruits et des feuilles mortes. De plus, la densité très importante de tiges dans ces formations procure une fois brûlées une grande quantité de cendres directement utilisable par les espèces cultivées et plus particulièrement le riz. Ces formations envahies constituent, selon les paysans tanala, un endroit idéal pour la culture sur brûlis. Une formation fortement colonisée par l'espèce étudiée peut avoir selon eux, le même rendement que la forêt naturelle, *ala gasy*. Cette pratique paysanne contribue au ralentissement de l'envahissement de l'espèce dans la région tanala, mais également à la limitation de la déforestation des forêts naturelles dans et autour du parc national de Ranomafana.

L'écologie d'invasion de *Psidium cattleianum* (Carrière & Randrianasolo, soumis)

Environnement propice à l'espèce et caractéristiques écologiques

La présence, dans les deux sites étudiés, de genres caractéristiques comme *Weinmannia* et *Tambourissa*, mais également d'espèces pionnières et de lianes, montre que l'on se trouve dans des forêts denses humides perturbées de moyenne altitude. Le Tableau 42 indique que les formations peu colonisées par *P. cattleianum* sont moyennement riches en espèces.

Tableau 42. Richesse et diversité floristiques des forêts pauvres en *P. cattleianum*

Site	Ambendrana (Betsileo)			Andrambovato (Tanala)		
	1≤D<5	5≤D<15	15≤D	1≤D<5	5≤D<15	15≤D
Diamètre (cm)						
Nombre de familles	26	24	12	39	36	27
Nombre d'espèces	56	41	18	86	81	56
Nombre de tiges	933	634	256	369	446	245

Par contre, le Tableau 43 indique que le nombre d'espèces recensées dans la formation colonisée par le *P. cattleianum* est encore plus faible. De plus, il semblerait que les espèces des formations d'Andrambovato soient plus sensibles à l'envahissement.

 Tableau 43. Richesse et diversité floristiques des formations colonisées par *P. cattleianum*

Site	Ambendrana		Andrambovato	
	1≤D<5	5≤D	1≤D<5	5≤D
Diamètre (cm)				
Nombre de familles	23	18	16	20
Nombre d'espèces	44	35	27	31
Nombre de tiges	2603	719	860	286

Les deux formations colonisées par le *P. cattleianum* ont une tendance monostrate engendrée par les perturbations liées à l'envahissement. La formation colonisée par *P. cattleianum* est occupée majoritairement par des espèces pionnières. La diminution du recouvrement de la formation favorise l'établissement du goyavier. La formation d'Ambendrana qui présente le plus faible degré de fermeture du couvert, compte le plus grand effectif de tiges de *Psidium*. *P. cattleianum* domine au niveau de l'étage inférieur et sa taille est comprise entre deux et huit mètres. Cette espèce parvient à développer un peuplement dont les tiges représentent environ 80% (78,6% pour Andrambovato et 80,6% pour Ambendrana) du total des tiges de la formation végétale.

La structure verticale de la formation illustre la dominance de *P. cattleianum*. Cette espèce impose une population très dense qui contribue à supplanter les autres espèces. Le recouvrement de la formation varie entre 75 et 85%. La densité en *P. cattleianum* induit un ombrage important qui entraîne une concurrence pour la lumière. *P. cattleianum* empêche ainsi l'installation des espèces pionnières natives héliophiles.

La fréquence relative du *P. cattleianum* dans la forêt d'Ambendrana montre que cette espèce est présente dans la formation peu colonisée. Elle est recensée dans 3 parcelles sur les 6 étudiées (Tableau 44). L'abondance de *P. cattleianum* diminue avec la distance à la formation colonisée. Il apparaît que l'installation de cette espèce est liée à la distance par rapport à la formation monospécifique, considérée, qui est une source de diaspores. La parcelle 5, plus proche des formations colonisées par *P. cattleianum*, possède un plus grand nombre de tiges, tandis qu'elle est absente de la parcelle 12, plus éloignée. La forêt d'Andrambovato n'est pas encore envahie par *P. cattleianum*. De par son caractère pionnier, cette espèce héliophile supporte mal les milieux ombragés (Figier & Souleres, 1991). Cela peut expliquer son absence dans la forêt d'Andrambovato qui dispose d'un bon recouvrement par les houppiers.

 Tableau 44. Fréquence relative du *P. cattleianum* dans la formation pauvre en *P. cattleianum*

Site Parcelle	Ambendrana						Andrambovato						
	5	6	7	10	11	12	1	2	5	6	9	10	
Tiges de <i>P. cattleianum</i> /ha	272	144	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fréquence relative				50%									0%

L'abondance relative de *P. cattleianum* dans la formation colonisée est très élevée (Tableau 45). Cette espèce dispose d'une vitesse de propagation remarquable. Le nombre de tiges s'accroît pour dominer son nouvel habitat. Seules les tiges de grand diamètre déjà installées avant résistent à la concurrence. La formation colonisée a une tendance monospécifique. Les tiges de faible diamètre sont très abondantes par rapport aux tiges de gros diamètre. *P. cattleianum* est un arbuste de petite taille, les tiges dépassent rarement 5 cm de diamètre. L'abondance des tiges de petite taille montre que la population est très dynamique. Même en dehors de son aire naturelle, l'espèce possède une grande faculté de développement.

A Ambendrana, les formations qui entourent la formation colonisée par *P. cattleianum* ont un faible degré de fermeture de couvert et éclairant ainsi le sous-bois, favorable au développement de cette espèce.

Tableau 45. Abondance relative du *P. cattleianum* dans les formations riches

Site	Ambendrana		Andrambovato	
Diamètre (cm)	1≤D<5	5≤D	1≤D<5	5≤D
Abondance relative (en %)	84,0	31,0	82,4	31,8

Régénération naturelle

Les résultats sont similaires aux tiges adultes : la formation d'Andrambovato n'est pas encore envahie par *P. cattleianum*. A Ambendrana, 4 placettes sur les 6 étudiées sont envahies, soit 66,7% des placettes. Les deux zones d'études sont favorables aux familles des Myrtaceae et Rubiaceae. A Ambendrana, ces dernières constituent respectivement 93,4% et 4,3% des tiges inventoriées. A Andrambovato elles sont de 95,0% et 4,3%. *P. cattleianum* domine la formation en régénération. A Ambendrana, la formation colonisée par *P. cattleianum* est caractérisé par : *Schismatoclada psychotrioides* (1,0%), *Mapouria angustifolia* (0,9%), *Syzygium emirnense* (0,8%), *Psychotria subcapitata* (0,8%). L'inventaire a révélé la présence des genres témoins de la dégradation de la formation végétale (*Macaranga*, *Aphloia*).

A Andrambovato, *P. cattleianum* partage son habitat avec *Mapouria angustifolia* (2,0%), *Saldinia* sp. (0,5%), *Chassalia ternifolia* (0,4%) et *Tambourissa purpurea* (0,3%). Les genres indicateurs de formations perturbées sont présents, à savoir *Aphloia*, *Dombeya* et *Macaranga*.

Le résultat montre que contrairement à la formation pauvre en *P. cattleianum*, la formation colonisée par *P. cattleianum* à Ambendrana est riche en espèces par rapport à celle d'Andrambovato (Tableau 46). Il semble que les espèces des zones moins perturbées sont plus sensibles à la concurrence imposée par *P. cattleianum*. Privées du micro-climat forestier, certaines espèces ont du mal à se régénérer.

Tableau 46. Richesse floristique des plantules de la formation colonisée par *P. cattleianum*.

Site	Ambendrana	Andrambovato
Nombre de familles	25	22
Nombre d'espèces	47	34
Nombre de tiges	10946	5549
CM	1/233	1/163

La formation colonisée par *P. cattleianum* a un nombre de plantules à l'hectare très élevé par rapport à la formation pauvre en *P. cattleianum*. Ce nombre de plantules élevé montre l'important dynamisme de régénération de cette espèce (Figure 32).

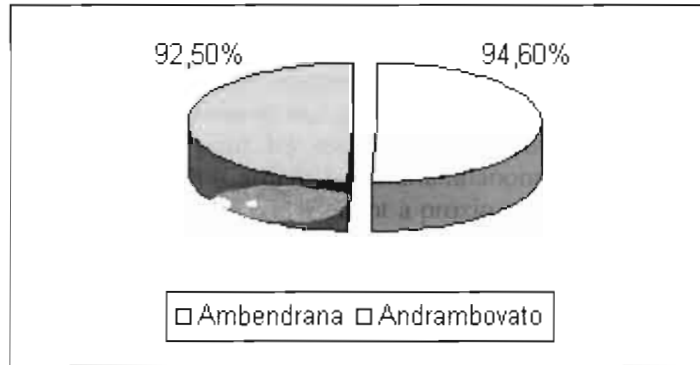


Figure 32. Abondance relative des plantules de *P. cattleianum* de la formation colonisée

Le nombre de plantules de *P. cattleianum* à Ambendrana est élevé par rapport à celui d'Andrambovato. Ce grand nombre de plantules confirme l'état dégradé de la formation. Les ouvertures occasionnées par l'exploitation de la forêt sont favorables à la régénération.

Les résultats complètent les observations précédentes sur les jeunes tiges de *P. cattleianum* (très dynamique). Une fois installée, l'espèce colonise l'espace. Les plantules de *P. cattleianum* entrent directement en compétition avec les jeunes tiges des essences autochtones pour bloquer les successions végétales (Randrianasolo, 2006).

De par son caractère héliophile et pionnière, elle s'installe facilement dans les endroits dégagés et les ouvertures de la forêt causées par les perturbations naturelles ou d'origine anthropique. Dans les zones d'étude, l'espèce s'implante essentiellement dans les endroits dégagés : autour des villages, au bord des routes, des pistes et du chemin de fer. Elle parvient même à s'implanter entre les ballastes de la voie ferrée. *P. cattleianum* semble mieux se développer à la lumière dans les villages et les pistes abandonnées localisées en lisières de forêt où elle peut générer un peuplement à tendance mono spécifique (Randrianasolo, 2006).

Si l'on considère les paramètres topographiques, il apparaît que *P. cattleianum* s'accommode des différentes altitudes et positions topographiques : sur les versants, sur les crêtes et dans les bas-fonds (Randrianasolo, 2006). Ces résultats permettent de constater que *P. cattleianum* a une large faculté d'adaptation. Elle affectionne en particulier les lisières de forêt où les tiges sont abondantes et relativement de grande taille. Cependant, la prolifération de l'espèce demande un bon accès à la lumière (héliophile). Aucune des formations colonisées par l'espèce étudiée n'est exposée au Sud. En effet, Madagascar est situé dans l'hémisphère sud, les sites exposés au Nord sont donc plus ensoleillés que ceux au Sud.

Le taux de régénération permet d'apprécier la vitesse de propagation (Tableau 47). Ce taux est supérieur à 1000 dans les 2 sites, ce qui confirme le dynamisme de ces populations. La régénération de *P. cattleianum* est très élevée d'après l'échelle de Rothe (1964).

Tableau 47. Taux de régénération du *P. cattleianum* de la formation colonisée par *P. cattleianum*

Site	Ambendrana	Andrambovato
Taux de régénération (%)	1008,1	1894,6

D'autre part, le taux de régénération de la formation d'Andrambovato est nettement supérieur à celui d'Ambendrana. La région tanala semble plus favorable à la régénération de *P. cattleianum*.

Un grand potentiel de fructification et un mode de dispersion diversifié et efficace

P. cattleianum a un grand potentiel de fructification. La récolte effectuée au mois d'avril 2005 a révélé qu'un pied de cette espèce produit en moyenne 90 fruits par saison (± 37). Cette valeur peut atteindre jusqu'à 162 fruits pour certaines tiges. La production d'une grande quantité de fruits et de graines fait partie des conditions favorables à l'envahissement. Chaque fruit de *P. cattleianum* produit en moyenne 21 graines (± 5 ; N=200). L'étude effectuée par Pier en 2002 a montré que l'espèce peut produire jusqu'à 70 graines par fruit dans de bonnes conditions. Chaque pied produit donc en moyenne 1890 graines dans la zone d'étude.

La reproduction de l'espèce est doublement assurée par les graines issues de la reproduction sexuée et par la multiplication végétative. La faune participe activement ainsi à la dispersion de ces graines et constitue un important facteur favorisant son établissement. L'homme joue tout au long des périodes de fructification un rôle important dans la dispersion du *P. cattleianum*. En outre, l'absence de latrines dans les villages favorise la dispersion. Les habitants se soulagent autour des villages dans les zones justement propices au développement de cette espèce où elle a d'ailleurs été observée en grand nombre.

La majorité des lémuriens recensés dans le couloir RA se nourrissent de fruits de Myrtaceae (Birkinshaw & Colquhoun, 2003). Au total, 14 espèces d'oiseaux identifiées dans la région sont frugivores (Viano, 2004), mais l'observation sur le terrain permet d'avancer que les principaux consommateurs de fruit de *P. cattleianum* restent *Coua caerulea*, *Hypsipetes madagascariensis* et *Alectroenas madagascariensis* qui effectuent également des allers-retours entre la forêt et les terroirs villageois de la zone périphérique.

Les forêts monospécifiques de *P. cattleianum* sont éloignées des zones habitées. Ces zones à l'abri de l'homme constituent un habitat idéal pour les sangliers (*Potamochoerus larvatus*). Cette espèce introduite fait partie des animaux consommateurs de fruits de *P. cattleianum* et participe à la dispersion des graines dans la forêt. De plus, les perturbations induites par les activités de fouissages pourraient favoriser l'établissement du *P. cattleianum* (Huenneke & Vitousek, 1990). *Eidolon dupreanum* est le seul Mégachiroptère présent lors de l'étude effectuée par Picot en 2005 dans cette région (Ambendrana et Andrambovato). Les fruits de *P. cattleianum* comptent parmi les fruits les plus consommés par cette espèce frugivore (Picot Manuel *et al.*, 2007).

Enfin, les bovins font partie des principaux consommateurs de fruit de *P. cattleianum* dans la zone d'étude. C'est à certaines saisons, une alimentation courante. A Ambendrana, sur les 15 fèces récoltées dans 5 parcs à bœufs différents, 30% des graines appartiennent à *P. cattleianum*. Les fèces comportent en moyenne 45 graines (± 62) de *P. cattleianum* qui sont dispersées dans les pâturages et dans les terrains agricoles fertilisés par l'apport de fumier de ferme. Durant la période de fructification de *P. cattleianum*, les bovins pâturent dans les bas fonds et les versants des vallées. Ainsi, les bovins disséminent ces graines des alentours des villages vers les bas fonds et les versants. L'observation des pâturages fréquentés par les bovins pendant la période de maturation des fruits de *P. cattleianum* confirme le résultat de l'analyse de fèces. Ces espaces sont peuplés de *P. cattleianum* à l'inverse des sites qui ne sont pas fréquentés par les bœufs pendant cette période.

Discussion - conclusion

Ces divers résultats montrent l'importance du *P. cattleianum* et de l'*Eucalyptus* dans l'économie des ménages (Carrière & Randriambanona, 2007), en particulier dans le contexte d'interdiction de collecte, suite à la mise en place des GCF (Blanc-Pamard *et al.*, 2005 ; Blanc-Pamard & Ralaivita, 2004). Déjà organisée en filière, la vente et l'exploitation de ces ressources peuvent représenter une

alternative pertinente dans le contexte de conservation des espaces et des espèces (Carrière & Randriambanona, 2007). La littérature montre que les capacités d'invasion de l'*Eucalyptus* à Madagascar sont relativement limitées par rapport à d'autres espèces, comme entre autres *Psidium cattleianum* (Binggeli, 2003). Les lémuriens dispersent les graines de *P. cattleianum* dans leur territoire forestier notamment dans le parc national de Ranomafana. Or de nombreux lémuriens ont été observés se nourrissant au sein des zones envahies de *P. cattleianum* dans la zone périphérique, parfois assez loin des limites du parc. Ces sites semblent attirer la faune du parc et pourraient contribuer à l'accroissement des populations de cette espèce invasive dans l'aire protégée. Les propositions de lutte nécessitent donc des méthodes raisonnées en vue de ne pas pénaliser les espèces menacées du parc national de Ranomafana. En outre, l'utilisation du fumier dans la fertilisation constitue un facteur favorisant la dispersion des graines dans les terroirs agricoles, le fumier issu des parcs de bovins étant épandu dans les rizières et les *tambina* (Blanc-Pamard & Ralaivita, 2004). En revanche, le pâturage étant interdit en forêt, il y a moins de chances pour que les bovins contribuent à la dispersion. C'était le cas autrefois (Blanc-Pamard & Ralaivita, 2004) avant la mise en place du décret de protection et cela pouvait ainsi contribuer à l'établissement du *P. cattleianum* dans des zones forestières perturbées, assez reculées en forêt. En effet, il est important de noter que notre site d'étude envahi du côté betsileo, Ambohimalaza, était autrefois, une zone d'exploitation aurifère (Blanc-Pamard *et al.*, 2005). Le *mpanarivo* (contremaître) qui gérait ce chantier dans les années 1920 possédait un troupeau de plus de 50 têtes (Blanc-Pamard & Ralaivita, 2004), ce qui pourrait en partie expliquer l'efficacité de l'envahissement dans ce site. En effet, à la faveur de perturbations, cette espèce pionnière, à croissance rapide, impose une population très dense de par ses facultés de reproduction végétative et sexuées importantes (Randrianasolo, 2006 ; Huenneke & Vitousek, 1990). Elle parvient à concurrencer les espèces autochtones pour l'accès aux ressources et à la lumière, mais surtout en dominant les formations empêchant ainsi la régénération des espèces naturelles. De plus, *P. cattleianum* sécrèterait des substances allélopathiques (Da Lage & Métailié, 2000) ce qui empêche le développement des autres espèces (Mauremootoo & Rodriguez, 2005). Ces résultats corroborent ceux de la littérature sur le sujet, à savoir que *Psidium* constitue une menace d'invasion dans les écosystèmes perturbés. Il se trouve que ces derniers dominent dans la zone (Cf. chap. 3) (Goodman & Razafindratsita, 2001). Une lutte intégrée, augmentant l'utilisation rationnelle et raisonnée par les populations locales dans le but d'apporter un revenu de substitution, pourrait contribuer à limiter l'expansion de cette espèce dans les zones où la biodiversité se trouve menacée comme dans les aires protégées. Détourner le caractère invasif au profit d'une production économiquement rentable reviendrait à envisager des solutions à la fois pour la conservation et le développement durable des populations rurales des Hautes-Terres malgaches (Carrière & Randrianasolo, soumis). C'est une piste de recherche à creuser.

Chapitre 16

Mise en défens forestière et durabilité de l'exploitation des essences forestières : le cas de 5 espèces ligneuses

Carrière S.M., Ratolojanahary M. & Randimbison A.

Résumé : Ce travail a pour objectif de déterminer l'état des populations de cinq espèces végétales utiles, endémiques à Madagascar et menacées, qui se développent au Nord du couloir RA. Pour les espèces endémiques, le choix s'est porté sur *Dalbergia baronii* (Fabaceae), *Ravenea robustior* (Palmaceae), *Nuxia capitata* (Loganiaceae), *Syzygium emirnense* (Myrtaceae) et sur *Weinmannia bojeriana* (Cunoniaceae) pour l'espèce native de Madagascar. Ces ressources végétales font partie des plus recherchées et utilisées par les populations de la région d'Ambendrana (Commune d'Androy) et ce à des fins diverses (construction de manches d'outils, bois d'œuvre, bois de chauffe, fabrication des canalisations pour les rizières irriguées...). De plus, l'utilisation de ces espèces fait l'objet d'une réglementation par la GCF (Gestion Contractualisée des Forêts) de ce village. Pourtant très peu d'études écologiques avaient été effectuées avant la mise en place du zonage justifiant la restriction de leur utilisation. Cette étude a été menée dans un but comparatif afin de comprendre l'influence de ces différents zonages sur la ressource et d'apprécier l'état des populations selon les formations végétales. Les sites d'étude se situaient dans des espaces dotés de différents niveaux de protection : forêt primaire non protégée, forêts sacrées, forêts galeries, forêts sous GCF, recrûs forestiers secondaires âgés et forêts écrémées. Leurs distributions, leurs abondances numériques respectives, la description de leurs habitats, leurs utilisations et les menaces qui pèsent sur ces espèces ont été les critères utilisés pour estimer l'état des populations de la zone d'étude. Des idées de mesures de gestion sont proposées pour une utilisation rationnelle de ces ressources garantissant une conservation durable.

Mots-clés : *Dalbergia baronii*, *Ravenea robustior*, *Weinmannia bojeriana*, *Nuxia capitata*, *Syzygium emirnense*, Ambendrana, conservation, usages

Introduction

A Madagascar comme dans de nombreuses autres forêts tropicales, la déforestation par la culture sur brûlis pour des besoins de subsistance est loin de constituer, contrairement au discours le plus répandu, l'unique menace allant à l'encontre de la biodiversité. En effet, les activités humaines sont multiples et complexes dans ces forêts, allant de l'exploitation industrielle, de grande envergure, des bois ou minéraux précieux, à la simple exploitation familiale par les paysans des produits forestiers ligneux et non ligneux à proximité de leur habitat. Entre ces deux extrêmes, se trouve une grande diversité de situations tant liée aux objectifs et modes d'exploitation qu'aux ressources disponibles et aux mesures environnementales mises en œuvre pour les contrôler. Dans tous les cas, la ressource et l'influence de son exploitation doivent être évaluées afin d'en améliorer la gestion ou de contribuer à sa conservation si une menace se présente.

Au Nord de la province de Fianarantsoa, à la limite sud-ouest du parc national de Ranomafana, se trouve la commune d'Androy. Dans les *fokontany*⁴⁷ d'Ambendrana et d'Amindrabe, les villageois exploitent les bois forestiers pour la fabrication des manches de bûches ou *zaran-angady*⁴⁸ et le bambou pour la fabrication de panier ou *garaba*. Face aux constats de cette exploitation, apparentée à de l'extractivisme (Empereur, 1996), et à la mise en place de GCF (cf. chap. 20) dans ces deux

⁴⁷ Le fokontany est la plus petite unité administrative à Madagascar.

⁴⁸ L'angady est la bêche malgache, elle est utilisée pour une grande partie des travaux agricoles dont la riziculture de bas fond.

fokontany (Blanc-Pamard *et al.*, 2005), une majorité d'espèces forestières utiles ne peuvent plus être exploitées comme avant. Un zonage a eu lieu, contraignant les communautés locales à exploiter ces ressources ligneuses et non ligneuses au sein d'une zone de production ZP borné pour 3 ans. Après l'exploitation concentrée dans la ZP les paysans les plus nécessiteux se sont tournés vers d'autres espaces voués à la " conservation " dans le zonage de la GCF. Les autres paysans respectueux des consignes de conservation se sont tournés vers d'autres activités pour tenter de s'adapter à la situation ce qui pour certains a pu aboutir à un appauvrissement (Blanc-Pamard & Ralaivita, 2004).

C'est dans ce contexte que cette étude s'est inscrite. En effet, au moment où ces mesures de conservation prirent effet, aucune étude écologique sur l'état des populations des espèces ligneuses exploitables n'avait jusqu'alors été entreprise afin de guider les mesures de conservation (Blanc-Pamard & Ralaivita, 2004). Dans ce chapitre, l'état des populations de 5 de ces espèces ligneuses exploitées par ces populations sera apprécié, après les 2 années de mise en œuvre de la GCF. Les effets des différents zonages dans différents types de formations végétales sur l'état des populations de ces essences seront également estimés, afin de formuler des recommandations pour des études futures, voire des mesures de gestion.

Les populations betsileo de la lisière

Les populations betsileo pratiquent la riziculture irriguée. L'agriculture comprend également, sur les flancs des collines ou *tanety*, des tubercules tels que le manioc ou la patate douce, des brèdes, des graines protéolégumineuses (arachides, pois de terre...), de la canne à sucre, des arbres fruitiers (bananiers, néfliers, agrumes...). Vivant en lisière forestière, les Betsileo de cette région montrent une économie de subsistance beaucoup plus diversifiée (la plus riche en produits forestiers), liée entre autres à la proximité de la forêt (Blanc-Pamard & Ralaivita, 2004 ; Carrière *et al.*, 2005). De plus, de nombreuses autres ressources peuvent être collectées dans les recrûs forestiers secondaires ou *kapoka* (Carrière *et al.*, 2005), dans les forêts primaires ou secondaires âgées, telles que le bois d'œuvre, le bois de chauffe, les fruits, les plantes médicinales, les feuilles pour la vannerie et la sparterie, les écrevisses... (Planche photographique 4.) Enfin, les villageois s'adonnent de temps en temps à la chasse, au piégeage et à la pêche dans les rizières, les jachères ou en forêt. Aux côtés d'une agriculture de versant et de bas-fond, le système d'élevage extensif contribue à la visibilité sociale tout en apportant une force de travail pour le piétinage de la rizière et du fumier pour la fertilisation (Blanc-Pamard & Ralaivita, 2004).

Ces gens de la lisière (Carrière *et al.*, 2005) montrent leur capacité à valoriser un milieu hétérogène et à exploiter une diversité de ressources.

Les mesures de conservation

La mise en place de la GCF date de 2003 dans le cadre de la politique de transfert de gestion des ressources renouvelables (Figure carnet central 27).

Cette étude a porté sur les zonages des GCF d'Ambendrana et d'Amindrabe. Ils sont tous deux composés d'une zone de conservation stricte (ZC), d'une zone de droits d'usage (Cantonement de Droits d'usages, CDU dans la suite du texte) pour les besoins quotidiens des ménages (bois de feu, outils pour la production agricole, bois de construction avec paiement de permis) et de zones agricoles autour des bas-fonds. Pour Amindrabe, des zones de reboisements ont également été planifiées et pour Ambendrana une zone de production au sein de la zone de droits d'usage dont la localisation peut être redéfinie tous les 3 ans. Cette zone a été définie spécialement pour les activités de collecte de bambous et de manches d'outils à des fins commerciales. Les deux contrats ont été signés en 2003 et notre étude a été réalisée en 2005.

Le choix des espèces exploitées

Les espèces étudiées appartiennent à cinq familles : Fabaceae (*Dalbergia baronii*), Arecaceae (*Ravenea robustior*), Buddlejaceae (*Nuxia capitata*) et Myrtaceae (*Syzygium emirnense*) pour les espèces endémiques de Madagascar et la famille des Cunoniaceae (*Weinmannia bojeriana*) native de Madagascar mais non endémique. Chacune de ces espèces était exploitée par les populations locales à des fins diverses (Tableau 48), et présentait des signes de raréfaction dans les espaces forestiers inclus dans le zonage des GCF, au moment de nos enquêtes. Chacune d'elle est interdite d'exploitation dans les deux zones de conservation de la GCF. Enfin, contrairement aux trois autres dont le statut écologique n'est pas évalué, *Dalbergia baronii* et *Ravenea robustior* sont toutes deux mentionnées dans la liste rouge des espèces menacées de l'UICN (Dransfield & Beentje, 2006 ; Du Puy, 2006).

Tableau 48. Listes des espèces choisies et leurs utilisations principales

Espèce	Partie utilisée	Utilisations
<i>Nuxia capitata</i>	Tronc, branche	Manche d'outils, bois de construction, bois de chauffe
<i>Syzygium emirnense</i>	Tronc, branche	Pilon, bois de chauffe, bois de construction, bois de chauffe
<i>Weinmannia bojeriana</i>	Tronc, branche	Bois de construction, manche d'outils, pilon, mortier, lance, pelle, bois de chauffe
<i>Ravenea robustior</i>	Tronc, feuille	Fabrication de plafonds, canalisation des rizières, toiture de maison
<i>Dalbergia baronii</i>	Tronc, branche	Fabrication de meubles, bois de construction, bois de chauffe

Sites et méthodes d'études

Douze sites ont été choisis (Figure carnet central 27) pour effectuer cette étude dans les GCF d'Ambendrana et d'Amindrabe. Les coordonnées géographiques, l'altitude et l'exposition ont été notées pour chacun de ces sites (Tableau 49).

Les prospections effectuées ont permis de caractériser les différents types de formations et les modes de gestion passés et actuels (de la GCF ou zonages anciens par les populations locales, tels que les forêts sacrées) correspondants aux différents sites d'étude (Tableau 49). Le degré de perturbation de la formation, l'accessibilité, l'abondance des espèces cibles (puisque une étude sur l'état des populations ne peut se faire que là où ces populations existent) et de l'homogénéité physionomique et floristique de la végétation, ont déterminé la localisation de ces 12 sites.

L'étude écologique des espèces cibles consiste en la description de l'habitat écologique, de la structure de sa végétation, qui permet de connaître la disposition des individus des diverses espèces dans le plan vertical et horizontal (Dajoz, 2000). L'étude de la structure verticale par la méthode de Gautier qui permet d'obtenir le profil schématique et fait ressortir la stratification et le recouvrement de la formation végétale. L'étude de la structure horizontale, par la méthode du quadrat en un point (Brower *et al.*, 1990), est basée sur la mesure des pieds matures les plus proches de l'espèce cible dans chacun des quadrats orientés suivant les quatre points cardinaux (Ratolojanahary *et al.*, 2007).

Tableau 49. Localisation des sites d'étude

Numéro du site	Site	Espèce cibles	Longitude (, ' , cm)	Latitude (, ' , cm)	Type de formation	Type de zonage	Altitude (m)
1	Ampandrambato	<i>Nuxia capitata</i>	47 20.327	21 22.326	FE	CDU	1262
		<i>Ravenea robustior</i>	47 20.327	21 22.326	FE	CDU	1262
		<i>Syzygium emirnense</i>	47 20.327	21 22.326	FE	CDU	1262
2	Lavahazo	<i>Dalbergia baronii</i>	47 24.401	21 23.790	FP	-	895
		<i>Ravenea robustior</i>	47 24.401	21 23.790	FP	-	895
3	Tsiafody	<i>Ravenea robustior</i>	47 24.131	21 23.913	FP	PN	1 190
4	Ampenihenana	<i>Dalbergia baronii</i>	47 24.401	21 24.033	FP	PN	1 013
5	Ampasipotsy	<i>Dalbergia baronii</i>	47 24.592	21 24.417	FE	-	964
6	Ampanarivo	<i>Dalbergia baronii</i>	47 20.377	21 22.399	RSA	-	1 218
		<i>Nuxia capitata</i>	47 20.377	21 22.399	FP	-	1 218
		<i>Weinmannia bojeriana</i>	47 20.377	21 22.399	FP	-	1 218
7	Ranomena	<i>Dalbergia baronii</i>	47 23.130	21 24.314	FG	ZC	1 033
8	Ambohipeno	<i>Nuxia capitata</i>	47 19.955	21 22.756	FR	ZC	1 111
		<i>Weinmannia bojeriana</i>	47 19.955	21 22.756	FR	ZC	1 111
9	Amindrabe	<i>Syzygium emirnense</i>	47 21.408	21 22.918	FP	FS	1 248
		<i>Weinmannia bojeriana</i>	47 21.408	21 22.918	FP	FS	1 248
10	Ambohimalaza	<i>Nuxia capitata</i>	47 21.694	21 21.487	RSA	CDU	1 207
		<i>Syzygium emirnense</i>	47 21.694	21 21.487	RSA	CDU	1 207
		<i>Weinmannia bojeriana</i>	47 21.694	21 21.487	RSA	CDU	1 207
11	Andraivao	<i>Nuxia capitata</i>	47 21.085	21 22.224	FP	ZC	1 118
		<i>Weinmannia bojeriana</i>	47 21.085	21 22.224	FP	ZC	1 118
12	Ambohipanja	<i>Nuxia capitata</i>	47 18.957	21 25.165	FP	-	1 370
		<i>Weinmannia bojeriana</i>	47 18.957	21 25.165	FP	-	1 370

CDU: Périmètre à droit d'usage ; FP : forêt primaire ; FE : Forêt exploitée ; ZC : Zone de conservation; FG : Forêt galerie ; FR : Formation ripisylve ; RSA : Recrû secondaire âgé ; FS : Forêt sacrée dans ZC ; NZ : pas de zonage, PN = Parc National, - = pas de zonage.

Les résultats obtenus permettent de calculer la densité du peuplement et la fréquence d'association des espèces avec les espèces cibles, selon la formule de Greig & Smith (1964) :

$$F(\%) = (N_i / N_t) \times 100$$

N_i : Nombre des individus d'une espèce donnée
 N_t : Nombre total d'individus

La méthodologie adoptée pour l'évaluation de l'abondance numérique et de la densité spécifique est le plot d'abondance de 0.1 ha, installé dans chaque site et répété de 6 à 8 fois. L'abondance numérique est le nombre d'individus présents dans ces plots, déterminée par la formule suivante (Rothe, 1964) :

$$A = S \times D$$

A : Abondance spécifique
 S : Aire où la sous-population a été étudiée
 D : Densité spécifique dans le site d'étude

Pour l'étude de la régénération des espèces cibles, un plot de 20 x 50 m par type de formation a été établi. Le calcul du taux de régénération est effectué d'après la formule suivante (Rothe, 1964) :

$$Tr = \frac{\text{Nombre d'individus régénérés} < 10 \text{ cm}}{\text{Nombre d'individus semenciers} > 10 \text{ cm}} \times 100$$

De plus, la structure démographique de la sous-population doit être déterminée par la visualisation de l'histogramme de la répartition spatiale des individus selon leur distribution par classes de diamètre. L'histogramme a été établi avec en abscisses les classes de diamètres et en ordonnées le nombre d'individus. Les classes de diamètre choisies sont : [0-2.5 [cm, [2.5-5[cm, [5-10[cm, [10-20[cm, [20-30[cm, [30-40[cm, [40-50[cm, et \geq à 50 cm. Si l'histogramme de distribution est uniforme avec une allure en J inversé ou en L, la régénération est bonne ; dans le cas contraire, la régénération présente une perturbation. Quand il est en forme de cloche, la formation est âgée. Une espèce présente une bonne régénération si des individus sont présents dans toutes les classes de diamètre et le taux de régénération supérieur à 300% (Rothe, 1964). Ainsi l'analyse de la carte de distribution de chaque espèce et l'étude écologique ont été combinées à l'évaluation des principales menaces afin d'établir leur statut, (Ratolojanahary, 2006).

Résultats

La majorité des détails méthodologiques et des résultats sont publiés dans Ratolojanahary *et al.* (2007) et Ratolojanahary (2006).

Analyse de la répartition géographique

Les cinq espèces étudiées sont localisées dans les domaines de l'Est, du Sambirano et du Centre (Humbert, 1927). Selon Humbert (1955), *Syzygium emirnense* est rencontrée dans les forêts sempervirentes, humides et sub-humides et de montagne ; *Dalbergia baronii* se répartit dans les domaines de l'Est, de l'Ouest et du Centre de Madagascar, depuis Sambava au nord jusqu'à Farafangana au Sud, le long des ruisseaux, des rivières, dans des endroits marécageux et dans les zones en retrait des mangroves, sur sols sableux, parfois sur sols salés en basse altitude de 0 à 150 m et rarement sur sols ferrallitiques de haute altitude (500 à 600 m à Fort-Carnot). *Nuxia capitata* est largement distribuée sur l'ensemble des forêts sempervirentes humides et subhumides de 800 à 1800 m d'altitude. *Ravenea robustior* occupe les domaines de l'Est et du Centre dans les forêts denses humides et sub-humides. *Weinmannia bojeriana*, quant à elle, est répartie dans les domaines de l'Est, du Sambirano et le domaine du Centre. Cette espèce peut aussi occuper le domaine des Hautes Montagnes (Humbert, 1955). La distribution de ces espèces permet de déterminer les zones d'occurrence (Ratolojanahary, 2006). Toutes espèces cibles ont une zone d'occurrence dépassant largement les 20 000 km² alors que le nombre de sous-populations hors aires protégées est relativement élevé : 8 sur 11 sous-populations pour *Dalbergia baronii*, 2 sur 7 pour *Ravenea robustior*, 55 sur 71 pour *Syzygium emirnense*, 7 sur 10 pour *Nuxia capitata* et 21 sur 32 pour *Weinmannia bojeriana*. Ce nombre élevé de sous-populations hors aires-protégées constitue une menace pour les espèces cibles (selon les critères de l'UICN). La valeur du taux de déclin futur est donc relativement élevée : elle est comprise entre 65 à 78%, à l'exception de celle de *Ravenea robustior* qui est relativement faible, égale à 28,57% (Ratolojanahary, 2006).

Etude écologique dans le Nord du couloir forestier

La structure verticale des habitats des espèces cibles montre divers degrés de perturbation : chaque formation présente trois strates bien distinctes, la hauteur de la végétation presque toujours inférieure à 20 mètres (sauf pour 2 forêts matures, Ampenihenana et Lavahazo) et la voûte forestière presque toujours discontinue (sauf pour ces 2 mêmes forêts matures). De même pour les espèces végétales associées, qui comptent dans de nombreux cas des espèces de forêts secondaires, voire des espèces pionnières (*Agauria* sp., *Macaranga* sp., *Polyscias* spp., *Vernonia* spp., *Weinmannia* spp.) (Ratolojanahary, 2006). La majorité des habitats des espèces cibles sont perturbés, comme en témoignent la structure verticale et la composition spécifique.

Analyse d'abondance

Les résultats des analyses d'abondance numérique (Ratolojanahary, 2006) vont être abordés espèce par espèce (Figure 33).

Dalbergia baronii est abondant et dominant surtout dans la forêt mature d'Ampanihenana où le nombre d'individus matures est élevé. Dans le recrû secondaire âgé d'Ampanarivo, la densité est au contraire plus faible (55 individus/ha) et le nombre d'individus matures est encore plus faible. A Ampasipotry, le nombre d'individus matures est très faible par rapport à celui de la forêt mature. Les individus observés n'ont pas atteint le diamètre exploitable, c'est-à-dire supérieur ou égal à 50 cm. La densité des individus de cette espèce est élevée dans la forêt galerie (peu perturbée).

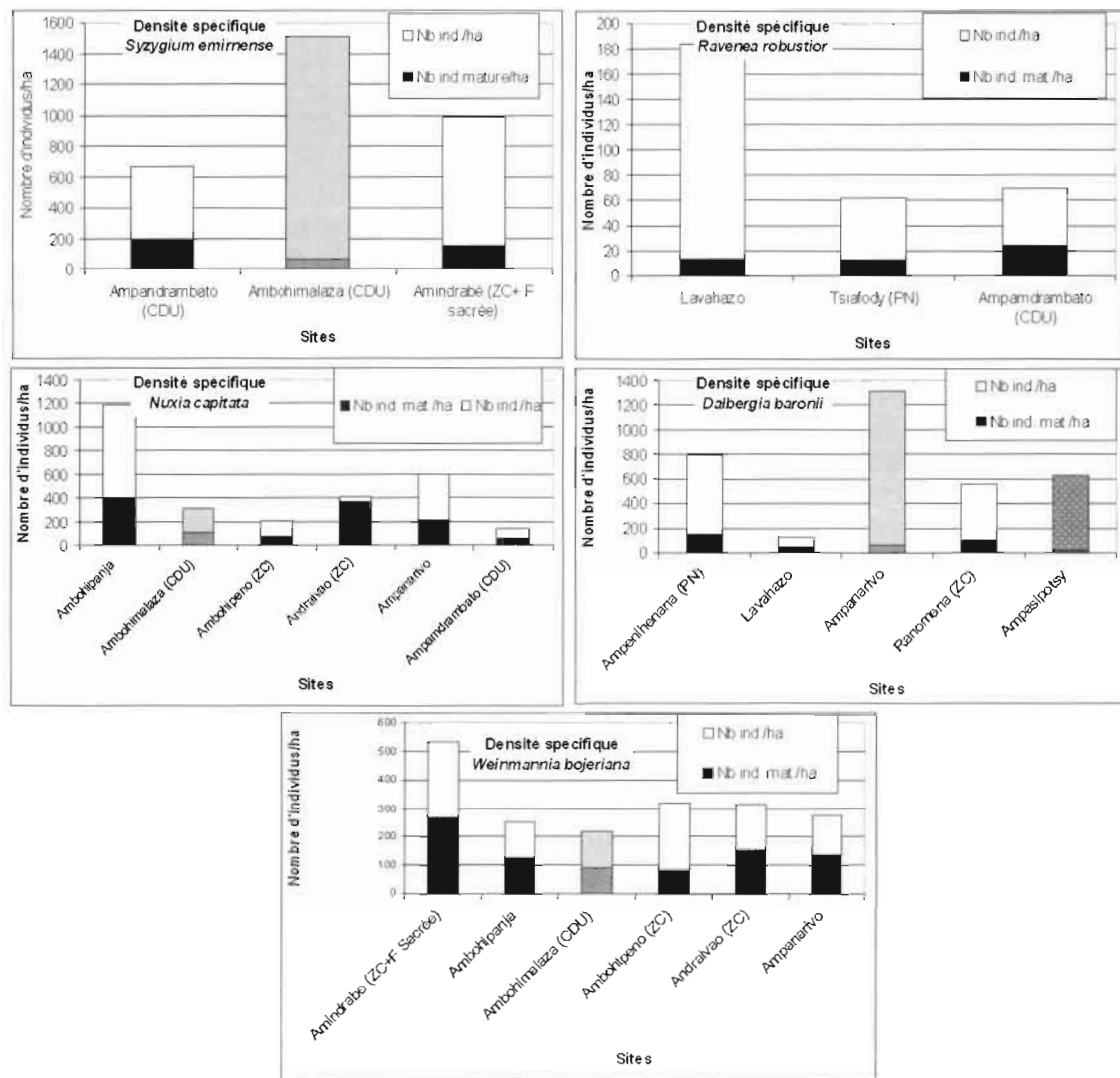


Figure 33. Histogrammes de densités spécifiques du nombre total et du nombre d'individus matures par espèces et par type de formation et de zonage, (en grisé les formations secondaires)

Ravenea robustior est abondante à Lavahazo, où elle atteint 119 individus. Mais le nombre d'individus matures de cette formation est moins élevé que celui de la Zone de Production du CDU d'Ambendrana. A Ampandrampato, le nombre d'individus matures est élevé, la délimitation de la Zone de Production du CDU d'Ambendrana coïncide avec le lieu où cette espèce présente des individus matures plus nombreux.

C'est dans la formation saxicole d'Ambohipanja que *Nuxia capitata* est la plus abondante (314 individus). Le nombre d'individus matures et la densité des troncs y sont élevés. Dans le recru secondaire âgé d'Ambohimalaza, 52 % des individus recensés sont matures. Ce taux est plus élevé que dans la ZP d'Ambendrana, cette formation secondaire est incluse dans la zone de conservation. Dans les formations d'Ampandrampato et d'Ambohipeno, la diminution du nombre d'individus est probablement liée aux coupes sélectives.

Dans la forêt du *fokontany* de la GCF d'Amindrabe, *Weinmannia bojeriana* est abondant, sa densité et le nombre d'individus matures sont élevés. Dans cette zone, c'est une forêt primaire, incluse dans la zone de conservation de la GCF où la coupe des essences forestières est interdite. Le nombre d'individus matures le moins élevé est recensé dans la formation secondaire.

Les individus de *Syzygium emirnense* sont plus denses à Ampandrampato et à Amindrabe. L'abondance élevée à Ambohimalaza correspond au nombre important de régénérants dans cette formation dégradée. Un nombre élevé d'individus matures se rencontre à Ampandrampato. La délimitation de la zone de production coïncide avec la zone où l'espèce est abondante. Les individus matures dont le fut n'est pas droit y sont nombreux. Ils ne sont pas coupés car ils ne présentent pas les qualités requises pour l'exploitation.

Régénération des espèces

La régénération naturelle (taux de régénération) de ces espèces est souvent plus importante dans les forêts secondaires, exploitées ou écrémées (en grisé) que dans les forêts primaires (en blanc) (Figure 34). En ce qui concerne la structure des populations des différentes espèces (Ratolojanahary, 2006), les résultats sont les suivants :

- *D. baronii* est capable de se développer dans plusieurs types de formations forestières (intactes ou dégradées). Cette essence de bois d'œuvre se développe surtout dans les forêts matures et les forêts galeries de la ZC où le nombre d'individus matures y est plus élevé. Il y a peu d'individus matures dans les forêts secondaires âgées, mais le taux de régénération y est supérieur à 300% contrairement aux forêts matures de Lavahazo où il y a peu de régénération. Le renouvellement de sous-population dans ces forêts secondaires âgées s'avère probablement possible. Autrefois, l'exploitation de cette essence avait dû cesser car le transport du bois était difficile. Pourtant, l'état de la ressource, en particulier la densité d'individus matures, n'est toujours pas bon ;

- *R. robustior* se développe mieux dans les habitats non perturbés, mais aussi dans les formations à voûte forestière discontinue (ZP). La régénération pourrait être favorisée par la lumière. Dans la ZP, le nombre d'individus matures est moyennement important et la répartition par classes de diamètres est irrégulière (perturbation de la structure de la sous-population liée à la coupe sélective). Le taux de régénération est bon dans les forêts matures de la ZC et moyen dans la ZP ;

- *N. capitata* se développe mieux dans les habitats non perturbés, bien stratifiés avec une voûte forestière fermée et moins bien dans les ripisylves et formations secondarisées. Le nombre d'individus matures est moins important dans le ZP d'Ambendrana et la ZC pour deux formations secondaires. Les baisses d'effectifs pourraient être liées aux coupes sélectives. La structure par classe de diamètre indique une population fortement perturbée dans les forêts secondaires. Les taux de régénération sont faibles dans les forêts matures et bons dans les forêts secondarisées ;

- *W. bojeriana* est abondante (densité et nombre d'individus matures) dans le site de la forêt mature d'Amindrabe (forêt sacrée, coupe interdite de mémoire d'homme). Le nombre d'individus matures est moins élevé dans le recrû forestier secondaire âgé et dans la ripisylve, mais la régénération y est bonne. L'histogramme discontinu (Ratolojanahary, 2006) dans la ZC (probablement lié à l'exploitation ancienne) montre un état perturbé de cette ressource, mais l'existence d'individus dans les classes moyennes dans les forêts secondaires témoigne une régénération possible dans ces formations.

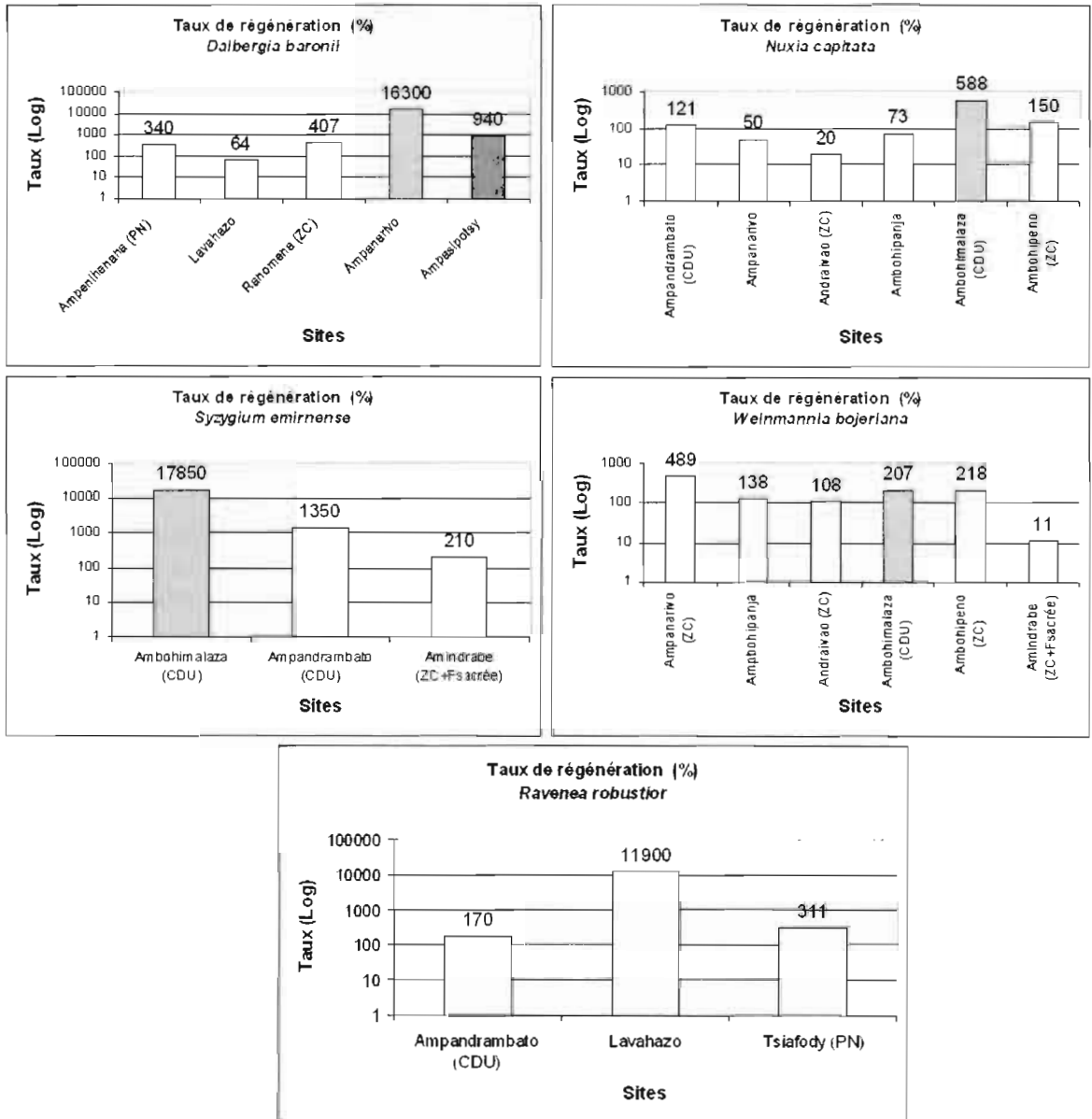


Figure 34. Histogrammes représentant le taux de régénération selon les espèces cibles, les sites et types de formations végétales en grisé les formations ou les forêts exploitées et en blanc les forêts primaires

Le taux de régénération est faible dans la forêt mature et bon dans les forêts secondaires ou forêts perturbées, ce qui doit être lié au fait que c'est une espèce pionnière héliophile.

- *S. emirnense* est abondante (densité et nombre d'individus matures) dans les forêts matures et sacrées d'Amindrabe (coupe interdite) et d'Ampandrabato, cependant le nombre d'individus au diamètre exploitable diminue, probablement lié à l'exploitation sélective. Le nombre d'individus régénérants est très élevé à Ambohimalaza (formation dégradée) et Ampandrabato (FI, CDU). Cette espèce est en voie de régénération mais les individus aux diamètres exploitables dans la ZP du CDU d'Ambendrana manquent. Le taux de régénération est également faible, tout comme pour les autres espèces, dans la forêt primaire et élevé dans la forêt secondaire (PDU). C'est probablement une espèce pionnière héliophile.

Discussions - recommandations

En résumé, dans la zone de conservation de la GCF d'Amindrabe, qui est d'application récente (2003) et qui est majoritairement composée de forêts matures, la régénération des espèces étudiées est assez bonne dans les forêts secondaires âgées, tandis qu'elle est relativement faible dans les forêts matures (Tableau 50). Les individus matures peuvent être assez nombreux mais pas partout. En revanche, dans la ZP il y a peu d'individus matures, mais il en existe et la régénération est assez bonne. Enfin, dans la forêt sacrée d'Amindrabe où la conservation est très ancienne puisqu'il existe des interdits traditionnels, la régénération est faible comme dans les autres forêts matures. Par contre, les nombreux individus matures aux diamètres exploitables s'y développent bien.

Au regard de ces résultats préliminaires, des recommandations peuvent être formulées. Les ZC semblent pertinents indispensables pour permettre la croissance et la protection des espèces et des individus, en particulier dans les forêts matures.

Il existe cependant des espèces malgaches endémiques qui se développent dans d'autres types de formations (saxicoles, fourrés...) à d'autres stades de succession (espèces pionnières). C'est cette mosaïque de formations matures et secondaires qu'il serait important de développer dans les ZC. Les forêts secondaires sont trop peu représentées dans la ZC. De plus, les forêts secondaires sont indispensables à la régénération d'un certain nombre d'espèces forestières héliophiles menacées. La destruction et l'absence d'habitats secondaires peuvent mettre en péril le renouvellement des espèces, la stabilité de l'écosystème forestier tropical étant lui même basé sur la juxtaposition et le maintien d'une mosaïque de taches de différents stades de succession (Whitmore, 1990).

Les ZP apparaissent pauvres en individus matures car probablement trop rapidement exploités. Ces zones d'exploitation pourraient être élargies à des zones de forêts matures riches en individus matures (voire sénescents), avec des règles de gestion et d'exploitation très précises. Ces ouvertures vers les espaces riches en individus matures pourraient permettre d'éviter que les gens se tournent, d'eux mêmes vers les ZC ou noyaux durs des aires protégées, quand les ressources de la ZP sont épuisées. Cette exploitation raisonnée permettrait également de rentabiliser les zones à fort potentiel (individus sénescents des forêts matures). Le ZP semble bien se régénérer après exploitation. Il faudrait cependant laisser suffisamment de temps pour permettre la régénération des ressources après exploitation, afin de favoriser le développement des individus semenciers indispensables à la reproduction des espèces. En outre, chaque espèce-ressource possède des dynamiques variées de la plus lente (cf. *Dalbergia*) à la plus rapide. Ne serait-il pas envisageable de créer des zonages d'utilisation rationnelle et des *turn-over* différentiels selon les espèces, afin que ces durées d'exploitation et de non-exploitation soient adaptées aux durées de régénération des espèces, dans le but d'exploiter durablement la ressource au

fur et à mesure de son développement ? Des *turn-over*, plus rapides pour certaines essences, pourraient contribuer à éviter la surexploitation, souvent fatale à une population, en un point. De même que pour les ZC, les PDU et ZP doivent être constitués à la fois de forêts " primaires " et secondaires. De toute manière, la majorité des habitats des espèces cibles sont perturbés, ce qui corrobore les résultats obtenus sur l'étude des différents types de forêts du couloir nord. Enfin, identifier les forêts sacrées de la région, qui recèlent peut être encore des espèces non décrites, pour valoriser et poursuivre cette conservation traditionnelle ancienne et en faire des zones de conservation au profit des populations locales, serait désormais pertinent.

Tableau 50. Synthèse pour chaque espèce des sites ([a] formations végétales et [b] types de zonage) où abondent les individus matures et les individus régénérés

(a)		
Espèce considérée	Formation d'abondance des individus matures	Formation d'abondance des régénérants
<i>Dalbergia baronii</i>	Forêt mature Ripisylve	Forêt mature Forêt exploitée Recrû secondaire âgée Forêt galerie
<i>Nuxia capitata</i>	Saxicole Forêt écrémée	Saxicole Recrû secondaire âgée
<i>Ravenea robustior</i>	Forêt écrémée	Forêt mature
<i>Weinmannia bojeriana</i>	Forêt mature Forêt écrémée Saxicole	Ripisylve Recrû secondaire âgée
<i>Syzygium emirnense</i>	Forêt écrémée	Recrû secondaire âgée Forêt écrémée Forêt sacrée
(b)		
Espèce considérée	Zonage d'abondance des individus matures	Zonage d'abondance des régénérants
<i>Dalbergia baronii</i>	ZC	ZC-ZP
<i>Nuxia capitata</i>	ZC-ZP	ZC
<i>Ravenea robustior</i>	ZP	ZC
<i>Weinmannia bojeriana</i>	ZC	ZC
<i>Syzygium emirnense</i>	ZP	ZC-ZP

Conclusion

A la vue de ces résultats, ces espèces n'apparaissent pas si menacées, dans la zone d'étude, mais il faut cependant rester très vigilant pour *Dalbergia* et *Ravenea*. L'état des ressources concernées porte encore les stigmates d'une exploitation passée et intense de par le manque d'individus matures pour certaines espèces et en certains lieux. Ces espèces très exploitées semblent bien se régénérer en général (sauf *Ravenea* qui présente plus de difficultés). La place apparaît cruciale pour les forêts secondaires dans le processus de régénération qui semble catalysé par les ouvertures de la canopée telles qu'elles sont observées dans les forêts perturbées. La qualité de la régénération de ces essences de forêt est étroitement dépendante de la mosaïque de successions forestières typiques des forêts tropicales et générées par les perturbations naturelles, telles que les chablis. Les gestionnaires en charge de l'élaboration des mesures de conservation se doivent donc de prendre en compte ces résultats qui préconisent la conservation de cette mosaïque fut-elle initiée par l'homme. La création des ZP est pertinente, mais les populations pourraient se tourner vers les Zones de Conservation ou CDU et les forêts matures hors zonage lorsque les individus aux diamètres exploitables viennent à manquer dans ces zones d'exploitation. Se pencher sur la question de l'étendue de la ZP et la durée

de la période de rotation apparaissent pertinent afin d'éviter la surexploitation tout en favorisant la régénération des essences. Enfin, ces résultats préliminaires montrent que les forêts sacrées peu perturbées, protégées par les hommes depuis des temps immémoriaux ont probablement contribué sur le long terme à conserver des populations démographiquement équilibrées de ces essences forestières. Ces zones de conservation traditionnelles complètent les modes de conservation " modernes ", récents et établis sur des écosystèmes déjà perturbés.

Chapitre 17

La banane, potentiel et fragilités d'une production peu déforestante

Tsirilaza J., Serpantié G. & Ramiaramanana J.

Résumé : A Madagascar, la banane est présente partout sur le marché. A Fianarantsoa, elle provient d'aires de production en pays tanala en bordure du corridor de Fianarantsoa, par deux axes de transport : l'axe Sud Est et l'axe Nord Est. Les variétés batavia et ranjalia (banane de dessert) sont exploitées par l'ensemble des paysans, sur des terrains anciennement déforestés. Les bananes doivent transiter en plusieurs endroits avant d'arriver chez les grossistes. Elles subissent ensuite le mûrissage avant d'être écoulées à l'état brut ou transformé. Pour donner une image globale de la filière de l'amont vers l'aval, nous avons utilisé une méthode en quatre phases : la délimitation de la filière, la typologie d'acteurs, l'analyse comptable et l'analyse organisationnelle. Chaque acteur possède un rôle et une stratégie dans la filière. Les planteurs constituent les acteurs de la phase de production, de récolte et de mise en marché. Ils vendent à des collecteurs dans les gares et au bord des routes. Les paysans s'intéressent d'autant plus à la plantation que leur coût de transport par des porteurs est réduit. Les coûts de production sont en effet faibles au regard des coûts de transport (portage, camions, train). Le prix de vente aux collecteurs diffère entre les villages. A Andrambovato, les petits collecteurs s'entendent entre eux pour fixer le prix. Quant à Tolongoïna, la concurrence qui règne entre les grands collecteurs et leur objectif ambitieux de chiffre d'affaires les oblige à proposer le meilleur prix. Concernant les intermédiaires, la filière n'est pas structurée, certains acteurs associent deux ou plusieurs fonctions. Pour le transport, les dommages mécaniques (chocs, vibrations) et le faible nombre de trains en période humide constituent des causes de détérioration des bananes. La banane tient une place importante dans le système de production. Elle constitue à l'heure actuelle un revenu monétaire non négligeable, permet un accès au crédit (vente sur pied), un complément alimentaire, une ouverture vers l'extérieur et est créatrice d'activités. La réhabilitation du rail a grandement œuvré à favoriser le développement de cette filière. Pour maintenir sa croissance, il faut construire de nouvelles infrastructures, faciliter l'accès au crédit pour éviter que les collecteurs de banane ne jouent ce rôle au détriment du prix, ce qui limite l'attrait de cette culture. Son impact environnemental doit être surveillé car des pratiques de plantations sous-forêt, prélude à déforestation, existent aussi. La banane constitue une filière mal connue, très prometteuse pour un développement régional compatible avec la conservation, mais très localisée près des rares voies de communication existantes qui sont des zones sensibles pour le corridor, et fragile car dépendant du rail dont l'activité est précaire (cyclones, financements, accidents, pannes, coût de l'énergie).

Mots-clés : banane, transport, agents, stratégies, développement durable, corridor forestier, filière

Introduction

La question de la gestion des ressources forestières se trouve au centre des discussions à Madagascar. Le couloir forestier de Fianarantsoa remplit des fonctions économiques et écologiques importantes. Des mesures de protection sont envisagées à court terme, selon des modalités qui n'excluraient cependant pas certaines activités productives. Mais il reste difficile de trouver des alternatives économiques aux activités qui détruisent ou perturbent fortement l'écosystème forestier, telles que le tavy vivrier ou l'exploitation intensive du bois. Parmi les activités souvent citées comme compatibles avec le maintien de la biodiversité forestière, on compte les agroforêts et les activités associées d'extractivisme (Puig, 2003), mais dont les filières de valorisation ont encore peu d'importance à Madagascar. Les productions arbustives pérennes de rente, qui n'impliquent pas en principe de conquête forestière récurrente, telles que la canne à sucre, le café ou les fruitiers, sont des alternatives agricoles possibles (Nambena, 2002). Pour l'instant, la canne à sucre alimente une économie illégale

(rhum artisanal) et, si elle joue un rôle très important en zone forestière et périforestière, ses potentialités restent limitées du fait de ce statut d'activité souterraine. Les caféières du pays tanala ont vieilli et leur rentabilité est devenue très faible, du fait de cours mondiaux peu incitatifs. La vanille, le cacao et les arbres à épices sont attachés à des bassins de production précis, au Nord du pays. C'est pourquoi il convient d'examiner les grandes filières de production régionales de fruitiers, et plus particulièrement celles qui, comme la banane, concernent les abords immédiats du " corridor de Fianarantsoa ".

Plusieurs questions se posent à propos de cette filière de production et de commercialisation : est-elle porteuse de développement, c'est-à-dire d'indépendance, de croissance économique, de satisfaction des besoins des consommateurs urbains comme des producteurs et des autres agents, d'équité entre les différents acteurs ? Son impact environnemental est-il compatible avec la forêt et les aires protégées ? Permet-elle aux paysans engagés dans les GCF de surmonter un tant soit peu les contraintes générées par les mesures de conservation qui n'autorisent que l'utilisation de la forêt à des fins d'usage local ? Les paysans en sont-ils dépendants au risque d'une reprise d'activités basées sur la prédation forestière en cas de disparition de la filière ?

Objectifs

L'objectif général de ce chapitre est d'abord de mieux connaître les conditions de production de la banane et de sa mise en marché. A travers cette étude, on cherchera donc à répondre à un certain nombre de questions concernant le fonctionnement de la filière banane :

- Jusqu'à quel point la filière banane est-elle importante dans l'économie de cette région ?
- Comment est-elle organisée et quels sont ses points forts et ses points faibles ?
- Quelles sont les stratégies à suivre pour que la filière banane participe au développement durable de la région et à la conservation de l'environnement ? Dans cette optique, l'hypothèse suivante a été formulée : l'organisation de la filière banane est un facteur déterminant de son développement.

Méthode

Duteurtre *et al.* (2000) définissent une filière comme l'ensemble des agents économiques qui contribuent directement à la production puis à la transformation et à l'acheminement jusqu'au marché de réalisation d'un même produit. C'est la définition que nous adopterons, ainsi que la méthodologie donnée par ce même auteur. Cette méthode traite des quatre phases suivantes : délimitation de la filière, typologie des agents, analyse comptable et analyse organisationnelle (Tableau 51).

Tableau 51. Phases de la méthode d'analyse de la filière, adaptée de Duteurtre et al. (2000)

Phase	Objectifs	Méthode de collecte de l'information
Délimitation de la filière	Identification des agents et des fonctions Estimation des prix et des quantités Construction du graphe de la filière Construction d'une carte de flux	Bibliographie Enquêtes préliminaires Enquêtes de reconnaissance Enquêtes de reconnaissance
Typologie des agents	Analyse des différentes stratégies	Enquêtes systématiques auprès d'un échantillon d'agents
Analyse comptable	Analyse des revenus et des marges	Relevés des prix sur les marchés et auprès des intermédiaires. Relevés des charges auprès des agents
Analyse de l'organisation	Compréhension des relations entre agents et des règles qui régissent ces relations	Entretiens ouverts auprès de personnes ressources

Résultats

Contexte général de la zone de production et du marché

La ville de Fianarantsoa est le principal marché de consommation avec une population 2004 de 150000 habitants (estimation appliquant la croissance moyenne 1975-1993 au recensement 1994). C'est aussi un marché de transit vers le Sud. La banane reçue à Fianarantsoa provient d'aires de production en pays tanala en bordure est du corridor de Fianarantsoa, par deux axes de transport : l'axe sud-est (chemin de fer FCE) et l'axe nord-est (route actuellement goudronnée de Mananjary). Les aires de production sont comprises entre 500 et 1000 m à proximité des voies de communication, sur ou à proximité de l'escarpement tanala. Les villages producteurs sont habités par des migrants betsileo (en altitude) : Ramatolahy, Andrambovato, ou par des autochtones tanala de la région *ambody-tety*, en pied d'escarpement et le long des axes de transports (Figure 35).

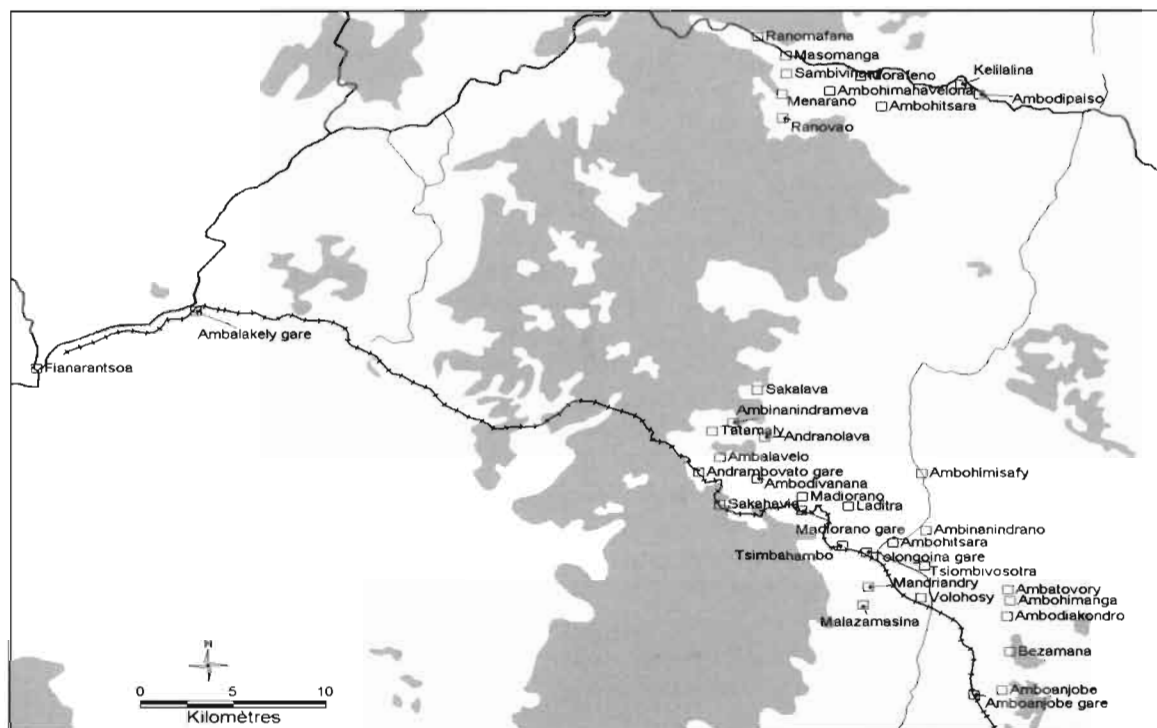


Figure 35. Zones de collecte de la banane pour le marché de Fianarantsoa

Délimitation de la filière

Agents

La filière banane occupe plusieurs sortes d'intervenants (Figure 36). Chaque agent possède un rôle dans la filière.

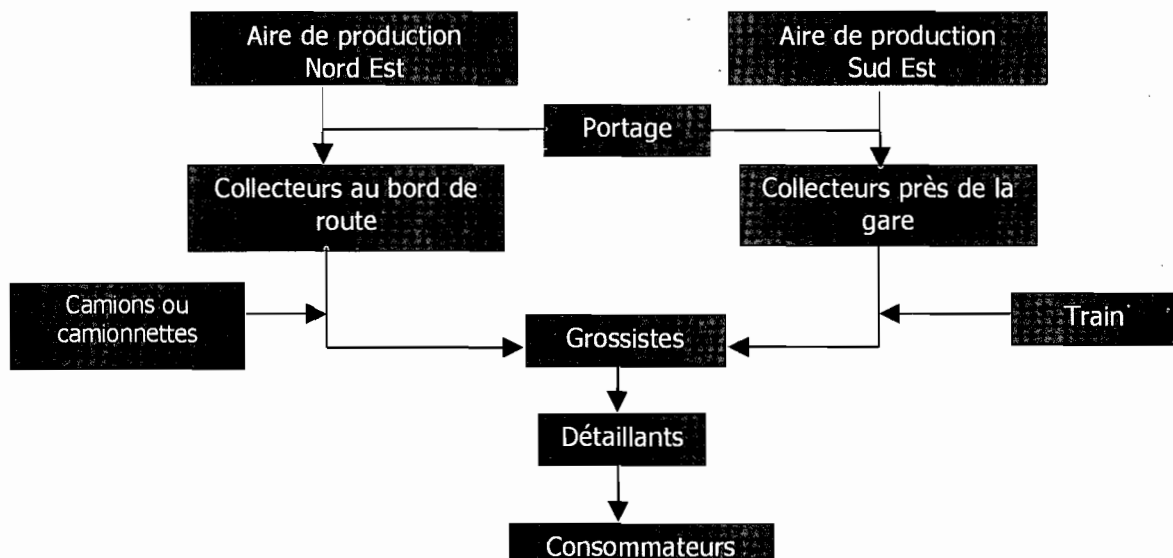


Figure 36. Organisation des agents de la filière sur ses deux branches

Les planteurs constituent les agents de la phase de production, de récolte et de mise en marché. Ces paysans fournissent les régimes de bananes vertes qui vont faire l'objet de transactions et de déplacements jusqu'aux consommateurs. La plupart de ces planteurs sont des Tanala (d'ascendance betsileo pour certains) auxquels sont venus s'ajouter récemment des migrants betsileo, à proximité de la ligne ferroviaire Fianarantsoa-Côte-Est (FCE) et de la route de Ranomafana.

Les collecteurs achètent aux producteurs la banane verte dans différents villages. Tout au long de la voie ferrée, les collecteurs habitent près de la gare où ils louent des wagons. Pour la voie routière, la plupart des collecteurs s'installent dans les villages qui se situent le long de la Route Nationale entre Ranomafana et Ifanadiana. Ils y attendent les camions ou les camionnettes pour acheminer leur production à Fianarantsoa. La plupart des collecteurs sont des Betsileo.

Pour les transports des régimes verts vers les collecteurs, le portage est fréquent. Ces porteurs sont de jeunes Tanala. Il arrive aussi qu'on les transporte par voie routière (pistes) à partir des villages qui se situent trop loin de la gare de Tolongoïna.

Le transport de la banane verte depuis les collecteurs jusqu'aux grossistes peut se faire de deux façons : soit par la voie ferrée, soit par la voie routière. Le transport de la banane verte en wagon de marchandise a comme destination finale Ambalakely, la dernière gare avant Fianarantsoa. C'est le marché-gare de la banane, où les grossistes s'approvisionnent auprès des collecteurs. Les camionnettes transportent ensuite le produit à Fianarantsoa. Sur la voie routière, des transporteurs de Fianarantsoa se spécialisent dans le transport de la banane verte. Les camions transporteurs d'autres marchandises venant de Mananjary ou de Manakara complètent parfois l'approvisionnement de Fianarantsoa. Certains grossistes achètent directement les bananes vertes à Ambalakely et d'autres préfèrent attendre l'arrivée des productions à Fianarantsoa.

Ces produits passent par la phase de mûrissage qui nécessite le concours de transformateurs. Les détaillants prennent les bananes mûres pour les écouler sur le marché de détail. La plupart des consommateurs en ville achètent les bananes comme dessert ou comme goûter.

Quantités commercialisées et prix

Le transport routier (Ifanadiana- Ranomafana- Fianarantsoa) ne permet pas d'avoir de chiffres sur les quantités transportées. Chaque grossiste reçoit la banane verte dans son dépôt personnel. Les quantités transportées ont donc été évaluées uniquement pour le transport par la voie ferrée, car la FCE enregistre les tonnages. Pour pouvoir avancer un chiffre fiable sur la quantité de bananes envoyée par train, nous avons compté toutes les stations d'arrivée de bananes à la gare d'Ambalakely.

Le Tableau 52 indique les quantités transportées par la FCE de 2002 à 2005. La quantité a continué d'augmenter après la phase de rattrapage après l'année de crise 2002. Cette filière sud-est est donc en développement, mais une baisse de la croissance (23% en 2005 ; 14% en 2006) peut être attribuée aux difficultés croissantes de la FCE en matière de moyens de traction, notamment en saison des pluies, saison principale de production.

Tableau 52. Quantité de bananes vertes arrivant à Ambalakely

Année	2002	2003	2004	2005
Quantité (tonne)	3448	4705	5792	6608
Taux d'accroissement annuel (%)	-	+36	+23	+14

Source : Gare FCE Ambalakely

Les producteurs vendent la banane verte à la gare d'Andrambovato de 40 à 50 Ar./kg. Par contre à Madiorano, Tolongoïna et Amboanjobe le prix est de 70 à 80 Ar./kg. Dans ces trois villages existe une concurrence entre de grands collecteurs permettant de donner un meilleur prix aux producteurs. A Andrambovato, les petits collecteurs s'entendent entre eux pour fixer le prix de la banane. De plus, la moitié de ces collecteurs sont des épiciers qui font crédit aux paysans, impliquant une certaine dépendance de ces derniers. C'est l'un des facteurs qui empêche le prix de la banane d'augmenter. Tout au long de la route de Ranomafana, le prix de vente de la banane verte est de 60-70 Ar./kg jusqu'à Ifanadiana. Les deux bassins de production se valent donc, en matière de prix moyen d'achat par les collecteurs (Tableau 53).

Tableau 53. Structure des prix, en avril 2006

Agents	Prix d'achat (Ar./kg)	Prix de vente (Ar./kg)	Prix de transport (Ar./kg)
Producteurs		40 à 80 (en vert)	
Portage			5 à 25
Collecteurs	40 à 80	100 à 120 (en vert)	
Transport train			14 à 25
Transport camion			20 à 25
Grossistes	100 à 120	200 à 250 (après mûrissage)	
Détaillants	200 à 250	400 à 500 (mûr)	

Les frais de transport par train changent suivant les distances (de 14 Ar./kg à 25 Ar./kg). Par contre, tout au long de la voie routière jusqu'à Ifanadiana, le prix de transport jusqu'à Fianarantsoa est de 20 à 25 Ar./kg. La route, avec ses différents transporteurs (spécialisés ou non spécialisés) est plus concurrentielle et ceci pourrait expliquer l'homogénéité des prix d'achat et de transports le long de la voie routière.

Le portage varie selon l'éloignement du village de 5 à 25 Ar./kg. A 25 Ar./kg, le portage représente la moitié du prix de vente au collecteur, ce qui détermine la limite de l'aire de collecte. De ce fait, les aires bananières sont localisées à environ 5 kilomètres des voies de transport, et le plus près possible de la falaise. Cette étroitesse de l'aire de collecte devrait être plus forte à Andrambovato, où le prix

d'achat est trop faible pour compenser les frais de portage, mais il n'en est rien : les paysans sont dépendants des collecteurs-épiciers, et la proximité des voies de communication réduit les possibilités d'une des activités de base tanala, le rhum artisanal, du fait de son illégalité et des contrôles possibles. Les collecteurs vendent au prix de 100 à 120 Ar./kg les régimes verts aux grossistes.

Ce sont les grossistes qui encourent le moins de risques puisqu'ils peuvent adapter en permanence leurs achats en gare ou auprès des collecteurs routiers à la demande des détaillants. De plus ils manipulent un produit vert, donc stockable un certain temps. En revanche ils ont de multiples frais (mûrissage, transports, magasins). Certains grossistes possèdent leur propre mûrisserie et d'autres louent des locaux à des propriétaires. Les mûrisseries se concentrent surtout dans la ville de Fianarantsoa, leur nombre varie d'un endroit à un autre et selon la capacité d'absorption du marché de consommation.

La moitié de la quantité mûrie se vend en frais dans les marchés communaux, dans les restaurants, les marchés de quartier, les petits détaillants. L'autre est expédiée directement dans d'autres provinces : Toliary et Antananarivo.

Les détaillants achètent les bananes mûres chez les grossistes de 200 à 250 Ar./kg et les vendent de 400 à 500 Ar./kg. Ils ont à subir le plus de pertes car la banane est particulièrement périssable une fois mûrie artificiellement. Ils revendent les bananes trop mûres aux transformateurs. Le marché des produits transformés est dominé par la consommation des beignets de bananes. L'approvisionnement de Fianarantsoa sera toujours assuré, car les grossistes à Fianarantsoa attendent soit les trains soit l'arrivée des camions ou des camionnettes en provenance de Ranomafana - Ifanadiana. Mais les deux aires de collectes ne sont pas égalitaires face au risque. L'arrêt de la circulation du train pour de multiples raisons (coupure de voie, panne locomotive, arrêt activités FCE etc) constituerait une véritable catastrophe pour producteurs et collecteurs de Tolongoïna.

Analyse de la filière

Typologie des agents et analyse de leurs stratégies

En étudiant le fonctionnement et la stratégie des agents, on a pu distinguer différents types.

Les producteurs

La banane constitue à l'heure actuelle une source de revenu monétaire non négligeable pour de nombreux paysans dans cette région, en particulier depuis la crise du café. Cette région était en effet autrefois dédiée au seul café, entraînant une grave crise lorsque les cours ont chuté. La canne à sucre pour la production de rhum artisanal, et localement, la banane, ont servi de substituts comme activités commerciales. Près des voies de communication, la banane tient une place très importante dans le système de production.

Tableau 54. Stratégies des producteurs

Types	Objectifs	Stratégies
Producteurs à titre principal > 50% des revenus (1 à 2 ha)	Augmenter la production et sa qualité	Entretien deux fois par an, maximum de plantation (au moins 20 pieds/an), pas d'association de culture, besoin de portage, appel à de la main d'œuvre salariée
Producteurs à titre secondaire < 50% des revenus (0,25 à 0,75 ha)	Produire à moindre coût	Moindre entretien, existence d'autres activités à part la banane, pas besoin de portage, association de culture
Producteurs chargeurs (0,25 à 0,75 ha)	Maximum de bénéfice à moindre coût	Sauter un intermédiaire, vendre les bananes aux marchés de gros, supporter les charges de transport
Producteurs détaillants (0,1 à 0,25 ha)	Gagner le plus possible sur des petites quantités	Sauter tous les intermédiaires, cumuler les fonctions pour avoir plus de profits, vente de la banane en détail

Chez tous les types de producteurs, la banane est une source de revenus essentielle. Les producteurs qui possèdent une grande superficie de bananiers (1 à 2 ha) en obtiennent plus de 50 % de leur revenu annuel. Les producteurs à titre secondaire et les producteurs-chargeurs en obtiennent moins de 50 % de leur revenu avec des plantations de 0,25 à 0,75 ha. Les producteurs-détaillants ne disposant que 0,1 à 0,25 ha atteignent eux 25 % de leur revenu annuel avec cette activité.

La banane remplit d'autres rôles tels que l'obtention de crédit en argent ou en nature. Soit les collecteurs achètent des bananes sur pied, soit les paysans font un achat à crédit de produits de première nécessité, chez les épiciers collecteurs. Les collecteurs viennent marquer avec de la peinture les régimes qu'ils iront récolter pour leur compte.

La banane sert aussi de complément alimentaire. A part le riz et le manioc qui sont destinés uniquement à la consommation, à partir de 2004, les paysans surtout betsileo se sont aussi intéressés à la plantation des bananes plantain. C'est un complément alimentaire, même si cette variété de bananes ne représente encore qu'une très faible part de la totalité des vivriers. Une préparation culinaire, le *feta*, pâte de banane et de manioc roulée dans des feuilles de bananier, est vendue en gare.

Enfin la banane représente une ouverture vers l'extérieur de la zone de production. La filière banane nécessite une relation entre plusieurs agents et aide les paysans à élargir leur réseau de relations. C'est le cas des paysans chargeurs. Ils sont à la fois producteurs et chargeurs de wagon, allant jusqu'au marché de gros d'Ambalakely pour écouler leur production. Ils dépassent ainsi le seul marché de Tolongoïna et s'ouvrent au monde extérieur.

Typologie des stratégies des intermédiaires

Plusieurs types d'intermédiaires sont aussi identifiables. La typologie repose, suivant les cas, sur la dimension de leur activité ou sur une stratégie particulière (Tableau 55).

Tableau 55. Stratégies des agent de la filière de commercialisation

Types	Objectifs	Stratégies
Epiciers-collecteurs	Remplir leur petit magasin à moindre coût et vendre des PPN	Acheter au prix le plus bas, fidéliser le producteur, leur faire crédit
Grands collecteurs	Réunir le plus quantité possible, à partir d'une grande gare reliée à des villages de production par des pistes routières	Collecter le plus possible par un prix attrayant, vendre en grandes quantités sur le marché de gros à Fianarantsoa
Collecteurs transporteurs	Acheter le prix le plus bas	Cumuler le transport et la collecte, change souvent le lieu de collecte
Transporteurs voie pédestre	Transporter en cas de besoin d'argent	Activité complémentaire, quantité limitée, en relation avec les producteurs et les collecteurs
Transporteurs routiers	Ne pas rentrer à vide à Fianarantsoa	Compensation des coûts (salaire et frais)
Transporteur ferroviaire	Transporter en grandes quantités	Surcharger les wagons, maintenir les relations avec les collecteurs assurant une grande quantité
Grossistes mûrisseurs	Cumuler les fonctions pour avoir plus de profits	Sauter les intermédiaires, faire mûrir les bananes vendues
Grossistes non mûrisseurs	Maximum de bénéfice à moindre coût	Contacteur en premier les collecteurs, location de four à mûrir
Détaillants non spécialisés	Offrir dans un même lieu tous les besoins d'une ménagère	Diversifier les produits vendus, activité complémentaire, quantité limitée, stratégie "Pull"
Détaillants spécialisés	Vendre le plus de bananes possible à des clients ayant des moyens et des besoins différents	Etaler une grosse quantité (effet de masse), offrir le choix à la clientèle (quantité/prix), conservation des quantités non vendues, stratégie "Push"

Ces diverses stratégies créent des complémentarités certaines, mais sont parfois responsables de difficultés locales, comme des prix trop bas (entente entre petits collecteurs), décourageant la production ou le transport.

Il existe des liens variés entre producteurs et intermédiaires, qui ne manqueront pas de produire, suivant les sites, des variations de prix ou des services complémentaires, tels l'accès au crédit. L'équipement routier local, y compris les pistes autour de la gare de Tolongoina apparaît comme essentiel pour faire émerger un groupe de grands collecteurs, travaillant avec des transporteurs locaux.

Analyse comptable

Les agents de la filière reçoivent un revenu non négligeable à partir de la banane. Le Tableau 56 présente, pour chaque type d'agent, les produits et les marges qu'ils perçoivent.

La marge des collecteurs, déduite des frais de transport et de magasinage est donc souvent faible. Cette activité pour être lucrative nécessite soit de grandes quantités transportées, soit des activités combinées (épicerie, crédit etc).

Les grossistes et les gros collecteurs perçoivent les plus grands revenus potentiels.

Les détaillants ont la marge théorique la plus élevée. Ils subissent le risque le plus élevé car la banane est un produit périssable, et ils sont en bout de chaîne. Leur marge est donc en pratique moindre.

Il existe une large gamme de revenus chez chaque classe d'agent, ce qui suggère une possibilité d'évolution dans chacun de ces métiers.

Tableau 56. Fourchettes de revenus des agents de la filière

Agents	Haute saison et saison intermédiaire (en milliers Ar/mois)	Base saison (en milliers Ar/mois) (Ar/kg)	Prix de vente (Ar/kg)	Revenu ou Marge
Producteurs	20 à 300	12 à 200	40 à 80	40
Collecteurs	60 à 2 000	40 à 800	100 à 120	20 à 60
Grossistes	200 à 2 000	100 à 1000	200 à 250	50 à 80
Détaillants	150 à 400	80 à 300	400 à 500	130

Organisation et problèmes de la filière

La filière s'est auto-organisée car il n'existe pas d'organisation professionnelle ni de réglementation du commerce local de la banane. En revanche, il existe une réglementation bananière à l'échelle nationale en matière de conditionnement, le transport et les conditions de productions de bananes fraîches destinées à l'exportation (Décret n 68- 489). La province de Fianarantsoa n'a jamais développé de projet appuyant l'organisation de cette filière.

Seule la réhabilitation du rail par la FCER et l'ONG LDI-ERI (financement USAID), et le revêtement récent de la route de Ranomafana (financement UE) l'ont favorisée, en réduisant notamment les risques de rupture des voies de transport, liés à la vétusté de ces voies et leur vulnérabilité aux cyclones. Rappelons que la ligne FCE est la seule permettant actuellement le double transport de marchandises et de voyageurs à Madagascar.

Le recueil des opinions met en évidence un certain nombre de problèmes de relations ou d'organisation identifiés par les agents :

- les producteurs sont insatisfaits du prix de vente imposé par les collecteurs, poussant certains à charger eux-mêmes (c'est-à-dire à payer le transport et vendre au grossiste) ;
- ils déplorent une insuffisance de porteurs pendant les périodes de labours des rizières et de récoltes. Aussi certains régimes ne peuvent être commercialisés ;

- le besoin d'argent des producteurs les conduit à vendre des bananes trop vertes, donc de faible qualité, provoquant une réduction de prix d'achat des grossistes aux collecteurs ;
- les grossistes achètent partiellement à crédit aux collecteurs, réduisant la capacité de financement de la collecte suivante par ces derniers ;
- les détaillants subissent une forte concurrence en période de saison des autres fruits venant de Ifanadiana et Sahasinaka, tels que les lychees en décembre et les mandarines en juin.

Discussion et conclusion

Le Tableau 57 présente les atouts et les contraintes de la filière banane en matière de contribution au développement économique régional et à la conservation.

Tableau 57. Atouts et contraintes représentés par la filière banane pour le développement et l'environnement

	Atouts	Contraintes
Du point de vue économique	Première source de revenu des paysans proches des voies de communication	- Faible rendement de 15 à 25 t/ha (manque de trésorerie pour l'entretien, vols, maladie de Panama, altitude) - Le prix élevé de portage limite fortement l'extension de l'aire de production à partir des voies de communication
	Filière créatrice d'activités Filière potentielle : banane de qualité biologique pour l'exportation	- Dysfonctionnements de la filière (financement, collecte) - Diminution de la qualité et de la valeur marchande des fruits (mauvaise maturité) - Problème de débouchés lors des saisons de mandarines et lychees - Les agents qui profitent le plus de la filière sont seulement betsileo
Du point de vue environnemental	Absence de pesticide ou d'engrais minéraux	Besoin de bambous des forêts naturelles pour la fabrication des paniers de bananes mûres à l'usage des mûrissières, détaillants et du transport vers Tulear et Antananarivo
	Culture pérenne favorisant l'exploitation continue du sol et réduisant l'espace dévolu à la production agricole	- Plantation de banane sous forêt (cas de Ranomafana et Ifanadiana) - Le bananier remonte plus haut (800m-1000m), que le tavy de riz-manioc. le long des deux voies de communications. Il participe localement au défrichement de la forêt, à l'amincissement du corridor à Tolongoïna et représente une source de pression sur les lisières du parc de Ranomafana

Pour l'instant la banane est une filière informelle mais particulièrement dynamique, contrôlée essentiellement par les Betsileo, valorisant une production tanala de substitution au café. Elle reste fragile car dépendante du rail, lequel n'a pas, à Madagascar, le caractère immuable d'une route, qu'il suffit d'entretenir, et d'un système de transporteurs routiers très concurrentiel. Le rail est un système de transport sans concurrence qui doit rester de faible prix pour les usagers, ce qui est paradoxal. Faute de rentabilité, sa pérennité dépend donc à la fois d'une triple volonté politique au niveau international, national et régional.

La banane constitue une production facile à mettre en œuvre par tout paysan, demandant peu de technicité, mais dont la valorisation dépend de filières complexes. Ce serait notamment le cas pour une valorisation du caractère biologique de son mode de production. La productivité diminue à cause de la maladie de Panama, ce qui nécessitera des variétés tolérantes et néanmoins commercialisables. Sur un plan environnemental, si le bananier représente un avantage en tant que culture pérenne, sa dynamique spatiale est à surveiller, du fait que sa culture remonte plus haut que le tavy tanala, à savoir au dessus de 800 m le long des voies de communication. Cette production menace la forêt sur les sites où le couloir forestier est le plus resserré et le plus peuplé du fait des voies de communication qui empruntent ces rétrécissements, et de l'ajout de migrants betsileo à la population locale tanala. La

durée de vie d'une plantation est de plus limitée par le parasitisme (nématodes...) et donc devrait être périodiquement renouvelée sur d'autres terres. Certaines plantations sont réalisées sous couvert forestier, sans défriche spectaculaire, pouvant ainsi passer inaperçues, mais conduisent ensuite à la perte du couvert forestier.

Afin que la filière banane participe durablement au développement de la région, et ne nuise pas à la conservation forestière, des recommandations peuvent être proposées pour conforter la filière, limiter son impact et rendre les riverains des voies de communication moins dépendants de cette seule production commerciale.

Renforcement de la filière banane

- Renforcer le pouvoir de négociation des agents de la filière (syndicat, coopératives de producteurs) ; les agents devraient jouir d'un cadre légal et institutionnel favorable pour leur permettre de pratiquer en toute liberté et légalité leur profession ;
- Sécuriser le transport (route et train) ;
- Mettre en place de nouvelles infrastructures : station inter-gare de dépôt de wagon, pistes à charrettes, ponts, câbles porteurs pour réduire le coût du portage vers les gares d'altitude, unités de transformation à Tolongoina et Ranomafana pour les période de mévente (banane séchée, confitures, farines, ...)
- Relancer l'exportation par le port de Manakara, notamment en certification biologique ;
- Renforcer le partenariat public/privé : participation de l'Etat à l'amélioration des infrastructures, à la recherche (agronomie, substitut au prélèvement du bambou), et aux appuis techniques en liaison avec des groupements de producteurs.

Limiter l'impact forestier

- Recenser les plantations sur les zones sensibles, surveiller les extensions, favoriser les extensions sur des espaces sans enjeux environnementaux ; déterminer des plans de gestion des sols à moyen terme (rôle des COBA) ;
- Revêtir des routes de collecte près des forêts de basse altitude d'Ifananadiana pour étendre les aires de production ;

Rendre les paysans moins dépendants

- Les producteurs devraient fonder des coopératives pour mieux protéger leurs intérêts, améliorer leurs condition de production dont l'accès au matériel végétal amélioré, et faire pression pour disposer de moyens de transports adaptés et efficaces et d'alternatives d'écoulement (unités de transformation locales...)
- Sécurisation alimentaire (banane plantain et vulgarisation de recettes), notamment dans les zones hors collecte ;
- Faciliter l'accès des paysans au crédit pour qu'ils soient moins dépendants des collecteurs en vue d'accroître les prix d'achat et ainsi d'élargir les aires de collecte.
- Valorisation de la filière bois et canne à sucre, pour l'instant illégales, et relancer la filière café, dont les cours semblent amorcer une hausse.

Conclusion

La filière banane est mal connue dans cette région. Elle semble prometteuse pour un développement régional compatible avec la conservation forestière, sous réserve de surveillance de la dynamique des plantations sur le terrain. Elle reste fragile car dépendante du rail dont l'activité est précaire. C'est aussi une filière génératrice d'activité telle que le portage et les intermédiaires, et dont l'activité semble croître.

Dans une perspective de développement durable qui met en exergue le rôle de la région et de la localité comme source de développement, la filière banane constitue une filière locale d'avenir pour la province de Fianarantsoa et ses différentes régions.

Si tous les agents et services concernés par la filière (organismes régionaux, nationaux, internationaux, compagnies de transporteurs, exportateurs, groupements de paysans producteurs, syndicats d'intermédiaires), gestionnaires des territoires péristreux (COBA, ANGAP et DGEF), mettaient en place une synergie, la filière banane, à partir des deux noyaux actuels de Ranomafana et Tolongoina pourrait se développer à plus basse altitude en pays tanala, où la pression sur les reliques forestières par le tavy pourrait de ce fait diminuer.

La filière banane et plus généralement les filières fruits sont cependant inséparables de celles des bambous sauvages, interdites et, donc, comme beaucoup de filières économiques régionales, clandestines. L'étude de la filière des bambous exploitables, l'étude de la domestication des bambous sauvages les plus recherchés, et la recherche de substituts pour la fabrication de paniers apporteraient peut-être des solutions.

Chapitre 18

Afforestation en lisière du corridor de Fianarantsoa (Madagascar) : un puits de carbone potentiel ?

Razafindramanana N., Serpantié G., Carrière S., Razafindrakoto M.A., Blanchart E. & Albrecht A.

Résumé : L'afforestation est une pratique préconisée par le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Évolution du Climat pour limiter la quantité de dioxyde de carbone atmosphérique. Cette pratique d'aménagement fait l'objet de la présente étude menée en lisière ouest du corridor forestier de Fianarantsoa (Madagascar), une zone de savane des Hautes Terres relativement humide. En vue d'évaluer son intérêt en matière de stockage de carbone, quatre systèmes ont été étudiés : la savane à *Aristida similis*, considérée comme témoin, les plantations sur savane de *Pinus patula* et d'*Eucalyptus robusta*, et une culture vivrière temporaire sur savane. Le stock de carbone dans la biomasse a été évalué à partir de la conversion de la matière sèche ou du volume de bois de l'arbre en stock de carbone. Le stock de carbone dans le sol a été établi après analyses chimiques d'échantillons de sols recueillis dans la couche de 0 à 40 cm. Des inventaires floristiques ont été également réalisés dans le but de caractériser chaque système étudié.

Le témoin est une savane herbeuse (ou pseudo-steppe) pâturée et brûlée tous les 3 ans, dont le stock de C du sol est de 97,5 MgC.ha⁻¹. Les changements d'utilisations de cette savane par afforestation ou culture temporaire, diminuent le stock de carbone dans le sol. Le stock passe à 81,0 MgC.ha⁻¹ sous pin. En revanche, l'afforestation augmente le stock de carbone contenu dans la biomasse aérienne (de 4,9 MgC.ha⁻¹ pour la savane à 42,2 MgC.ha⁻¹ pour la plantation de pins déjà en grande partie exploitée et possédant un recrû de sous-bois). L'afforestation dans la situation étudiée permet donc un stockage de carbone mais moins important que prévu, du fait de la teneur élevée en carbone du sol de la savane étudiée et de la forte minéralisation de réserves en matière organique du sol sous le pin et l'eucalyptus. Il ressort aussi de l'étude qu'il existe des facteurs déterminants du stock de carbone : la texture du sol, le pédoclimat, et le mode de gestion du peuplement forestier.

Mots-clés : Biomasse, eucalyptus, pin, savane, sol, stock de carbone

Introduction

Une hausse de la température enregistrée au niveau du globe terrestre s'est révélée après la révolution industrielle (OMM, 2003). Elle est à l'origine d'un changement climatique dont les conséquences pourront être désastreuses : augmentation du niveau de la mer, sécheresse, inondation, perte de biodiversité, catastrophes naturelles etc. (IPCC., 2001). Cette hausse est liée à la modification de la composition atmosphérique, essentiellement l'augmentation de la concentration de l'air en gaz à effet de serre (GES), et en particulier le dioxyde de carbone (CO₂).

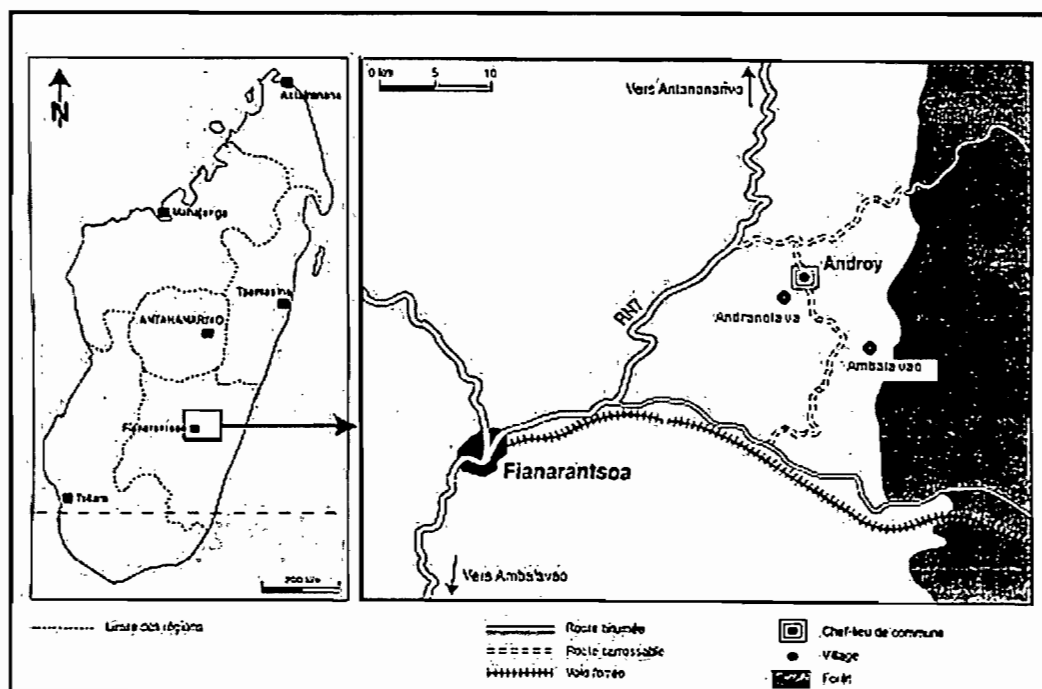
Face à cette situation, dans le but de limiter la quantité du dioxyde de carbone atmosphérique, une série de moyens a été avancée : (1) la réduction de la consommation d'énergie fossile ; (2) le développement de l'utilisation des sources d'énergie pauvres en carbone, et (3) le développement des " puits " de GES (IPCC., 2001). La dernière alternative fait l'objet de la présente étude, menée vers Fianarantsoa, sur l'effet de l'afforestation en matière de stockage de carbone. Les objectifs de cette recherche sont d'évaluer la différenciation du stockage de carbone dans la biomasse et le sol entre quatre écosystèmes, à savoir les plantations de pins et d'eucalyptus, la culture vivrière et la savane herbeuse pâturée considérée comme témoin puisqu'elle a précédé les formes actuelles d'utilisation du milieu étudié.

Matériels et méthodes

Sites d'étude

L'étude a été menée sur les Hautes Terres malgaches, dans la région de la Haute-Matsiatra, Sous-préfecture de Fianarantsoa II, Commune Rurale (CR) d'Androy, à 35 km au nord-est de Fianarantsoa (Figure 37). Le climat y est de type tropical d'altitude caractérisé par un hiver frais et une saison sèche atténuée par des brouillards. La précipitation annuelle est de 1500 mm. La température moyenne annuelle est de 20 C. Les sols sont de type ferrallitique. Après une étude cartographique et des enquêtes auprès de la population locale, deux sites d'études ont été retenus, situés respectivement à :

- SITE 1 Ambalavao Sud, site plus proche de la lisière forestière, et
- SITE 2 Andranolava, situé à 10 km d'Ambalavao.



Source : Blanc Pamard et al., 2004

Figure 37. Carte de localisation du site d'étude

Sur chaque site, des parcelles d'environ un hectare, proches les unes des autres et reconnues comme ayant des sols comparables par une reconnaissance pédologique (profils et sondages à la tarière) portent les différents traitements étudiés :

Site 1 : Traitements : savane à *kifafa* (ou pseudo-steppe à *Aristida similis* " 1K " ; pin exploité avec sous bois " 1P ", planté sur savane vers 1970.

Site 2 : Traitements : savane à *kifafa* " 2K ", pin exploité avec recrû de pin " 2P ", taillis d'eucalyptus " 2E ", culture temporaire de manioc labourée " 2C "

Chaque parcelle est composée de six stations jointives (Figure 38). Chaque station est caractérisée par cinq placettes de prélèvements de biomasses et un profil de sol pour prélever les échantillons nécessaires aux différentes analyses en laboratoire.

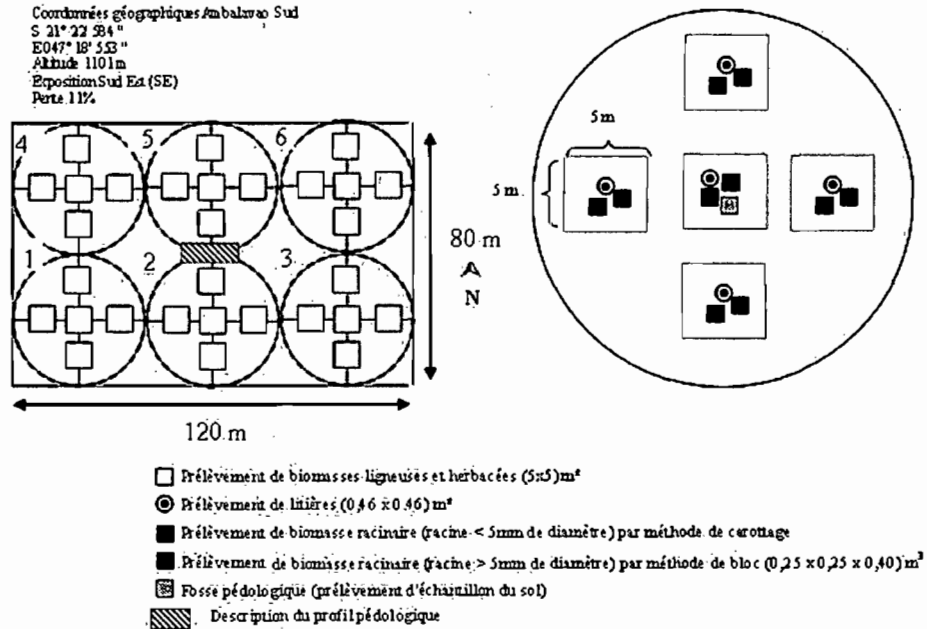


Figure 38. Plan du dispositif de prélèvement

Inventaire floristique

Un inventaire floristique a été effectué pour caractériser les formations végétales étudiées. Les méthodes utilisées sont inspirées de celles appliquées dans la zone d'étude par Randriambanona et Carrière (2005). Pour la formation ligneuse, la méthode de l'aire minimale a été adoptée et pour la formation herbeuse, les relevés linéaires ou méthode de quadrats alignés (Daget & Poissonet, 1971, Daget *et al.*, 1999) ont été choisis. Après les inventaires floristiques, chaque formation végétale est caractérisée par des indices : l'indice de Shannon-Weaver (H'), le H' qui s'approche de la diversité maximale est égale à 6,8 (Legendre & Legendre, 1984 ; Frontier & Pichod-Viale, 1998) et l'indice de régularité (R) renseigne sur l'équirépartition des effectifs entre les différentes espèces (E). L'équitabilité tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs appartient à une espèce, elle est égale à 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance.

Biomasses végétales épigée et hypogée

La méthode de la récolte intégrale a été adoptée pour prélever la biomasse aérienne du sous bois de pins et de la savane herbeuse. Elle consiste à faucher au raz du sol l'ensemble de la végétation dans des quadrats de dimension variable, et à effectuer sur le terrain la pesée de matière fraîche. La teneur en matière sèche est déterminée au laboratoire après dessiccation à l'étuve à 85°C (Levang & Grouzis, 1980) dont la durée de l'étuvage varie suivant la nature de la fraction considérée (24 à 72 heures). Concernant la détermination de la biomasse aérienne de pins et d'eucalyptus, la méthode allométrique a été adoptée. Elle consiste à faire des mesures staturales de tous les arbres de chaque station dans un rayon de 15 m : le diamètre à hauteur de poitrine (DHP), le diamètre à hauteur de

⁵⁷ fondée par l'inventeur et promoteur du SRI (le père H. de Laulanié).

coupe (DHC) et la hauteur totale de l'arbre. Ces mesures ont été employées pour évaluer le volume de bois du peuplement de pins avant et après exploitation, car la plantation de pins est en partie exploitée. Le volume est utilisé ultérieurement pour estimer le stock de carbone. La méthodologie utilisée pour estimer la quantité de la biomasse aérienne du traitement eucalyptus était proche de celle développée pour le traitement " pin ", mais dans un rayon de 7 m au lieu de 15 m.

La méthode de carottage a été adoptée pour évaluer la biomasse des racines fines de diamètre inférieur à 5 mm. La procédure consiste à prélever une carotte de sol-racines près du centre de la placette jusqu'à 40 cm de profondeur à l'aide d'une sonde. La séparation du sol-racines se fait par tamisage. Pour les racines supérieures à 5 mm, leur répartition hétérogène oblige à associer plusieurs méthodes : l'extraction de racines sur des monolithes consistant à extraire au centre de la placette un bloc de terre (0,25 x 0,25) m² jusqu'à 40 cm de profondeur. Sur le terrain s'effectue la séparation de sol-racine par lavage et tamisage. Une modélisation de la répartition racinaire dans l'espace vise à parfaire l'estimation de la biomasse de racines sachant qu'elles se distribuent en fonction de la distance au centre des souches. Pour les racines les plus proches des troncs, le dessouchage de deux arbres a permis d'extraire toutes les racines sur un rayon de 1 m à partir du centre de la souche jusqu'à 40 cm de profondeur. Puis on a séparé les racines de la terre, nettoyé à sec les racines, pesé le poids total de racines fraîches, et pris un échantillon pour étuvage. La quantité de C contenue dans la biomasse épigée et hypogée est estimée sachant que la quantité standard de carbone dans la biomasse correspond en moyenne à la moitié de son poids sec (Young, 1990).

Pour les biomasses aériennes de pins et d'eucalyptus, la formule proposée par Dewar et Cannel (1991) a été employée : $St = V \cdot d \cdot f_c$ avec St : le stock de carbone (MgC.ha⁻¹), V : le volume de la biomasse (m³), d : l'infra densité moyenne du tronc d'arbres, exprimée en Mg.m⁻³. Cette infra densité varie suivant les espèces, passant de 0,5 Mg.m⁻³ pour *Pinus patula* à 0,83 Mg.m⁻³ pour *Eucalyptus robusta* (Gueneau & Gueneau, 1969, Rakotovo du DRFP com.pers ;) et f_c : la fraction moyenne de carbone dans la biomasse sèche égale à 0,5. Selon Pearson & Brown (2005), le pourcentage de branches représente 15 et 20% de la biomasse épigée. Le pourcentage de feuilles est de l'ordre de 5 à 6% de la biomasse épigée (cas des conifères et des arbres à bois tendre), et de 2 à 3% pour les essences à bois dur (cas de l'eucalyptus).

Sol

Les échantillons du sol sont prélevés à l'aide des cylindres métalliques. La méthode de Walkley & Black a été appliquée pour déterminer lateneur en carbone total du sol. Pour évaluer le stock de carbone contenu dans le sol, la formule suivante est appliquée : $St = C \cdot Da \cdot e$ avec St : le stock de carbone dans le sol (kg.m⁻²), Da : la densité apparente du sol (g.cm⁻³), e : épaisseur de couche (dm) et C : teneur en carbone de la couche de sol tamisé à 2mm (mgC.g⁻¹sol) (Ellert et Bettany, 1995 ; Desjardins *et al*, 2000). Pour les sols caillouteux contenant des éléments supérieurs à 2 mm de diamètre ; la charge en éléments grossiers du sol doit être prise en considération. Cette charge est éliminée du calcul, car elle est de nature siliceuse et considérée comme ayant une teneur en matière organique nulle. Dans ce cas, la formule suivante est appliquée pour calculer le stock de carbone : $St = C \cdot (100 - \% \text{ charge}) \cdot Da \cdot e$. Ellert & Bettany (1995) ont mentionné que pour pouvoir évaluer de façon fiable les modifications de quantité de matières organiques liées aux modes de conduite du sol, il est nécessaire que les masses de sol comparées soient équivalentes. Dans la mesure où les densités apparentes des sols des systèmes étudiés sont différentes, le calcul du stock de carbone doit être basé sur " une masse équivalente ", c'est-à-dire qu'il faut d'abord choisir une masse de sol de référence (le plus faible généralement) et calculer les stocks sur une épaisseur de sol correspondant à cette masse.

L'analyse granulométrique est effectuée pour déterminer le pourcentage de sables, limons et argiles du sol. Les particules de taille supérieure à 20 µm : sables grossiers, sables fins et limons grossiers ont été obtenues par tamisage à l'aide d'une série de tamis de maille décroissante. Les éléments fins en dessous de 20µm : limons fins et argiles ont été obtenus par sédimentation. Les différentes fractions sont passées à l'étuve à 105°C durant 48 heures puis pesées.

Résultats

Inventaire floristique

Les résultats des inventaires floristiques (Tableau 58) de recrûs sous pin à Ambalavao et Andranolava montrent que la richesse floristique de la formation est faible mais pas négligeable. La formation à Ambalavao (1p) est dominée par trois espèces d'arbustes pionniers et celle d'Andranolava (2p) par une espèce (*Pinus patula*). En ce qui concerne la savane herbeuse, l'indice de Shannon et l'indice de régularité montrent également que la formation est dominée par quelques espèces, dont la plus représentée est *Aristida similis*. Steudel.

Tableau 58. Indice de Shannon et indice de régularité

Ttm	Nombre d'espèces	Nombre de Genres	Nombre de Familles	Indice de Shannon	Indice de régularité	Espèces dominantes
1P	25	22	18	3,63	0,78	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Harongana madagascariensis</i> Choisy • <i>Macaranga alnifolia</i>. Baker • <i>Dombeya seyrigii</i>. J.Arènes
2P	35	30	18	1,79	0,37	Jeunes pousses de <i>Pinus patula</i> Schiede & Deppe
1K	32	25	11	3,33	0,67	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Aristida similis</i>. Steudel • <i>Andropogon encomus</i>. Nées • <i>Sporobolus centrifugus</i>. Nées

Ttm : traitement, 1 : site 1 à Ambalavao ; 2 : site 2 à Andranolava

P : *Pinus patula* ; K : savane herbeuse

Biomasse végétale épigée et hypogée

Le stock de C contenu dans la biomasse aérienne présente une différence significative entre les systèmes étudiés. Les savanes herbeuses ont les stocks les plus faibles, car la végétation est constituée essentiellement par des plantes herbacées pauvres en matière sèche. En revanche le système reboisé, dont le peuplement est composé par des arbres, des arbustes de sous-bois des arbrisseaux et des plantes herbacées a un stock de C beaucoup plus élevé (tableau 59).

Concernant le stock de carbone de la litière, la plantation de pins à Ambalavao a une litière relativement épaisse. Elle est constituée par des débris de sous bois, d'aiguilles, de fruits et de graines de pins en décomposition, ainsi que les restes et débris d'exploitation. À Andranolava, la situation est différente ; la litière est composée uniquement par des aiguilles de pins récemment tombées et légèrement décomposées. Quant aux savanes herbeuses, une très faible accumulation litière a été constatée. Elle est généralement grossière, peu décomposée et composée essentiellement par des débris de feuilles tombées. Pour les deux savanes étudiées, il n'existe pas de différence significative entre les stocks de carbone de la litière. Dans la plantation d'eucalyptus, la litière est également grossière, légèrement décomposée, constituée par des feuilles, des fleurs et des brindilles. Les stocks de C contenus dans la litière de pin et d'eucalyptus à Andranolava sont proches.

Le stock de C racinaire de la savane est faible, puisqu'il provient uniquement de racines fines des plantes herbacées. Le stock total de C de la biomasse racinaire sous plantations de pin et d'eucalyptus est plus élevé que celui des savanes herbeuses, compte tenu des grosses racines d'arbres.

Statistiquement, entre les deux sites d'études les résultats obtenus sont significativement différents. Le stock de C racinaire de savane à Andranolava (site 2) est inférieur à celui d'Ambalavao (site 1). Non seulement les sols diffèrent entre les deux sites, ce qui peut agir sur la production de racines, mais les pédoclimats des sites peuvent aussi différer : Andranolava est un peu plus sec qu'Ambalavao : exposé au Nord, situé plus à l'Ouest et plus éloigné de la forêt. Un milieu humide est plus favorable à la production de biomasse racinaire.

Tableau 59. Stock de carbone des différents systèmes étudiés MgC.ha⁻¹

Ttmt	B. arborée		Sous bois et herbacées		Litière		Racine fines		Grosses racines		Sol		Total
1P	13,3	4,7	3,4	1,4	8,9	4,5	2,4	1,0	114,2	0,8	81,0	9,2	123,2 a
1K	0,0	0,0	1,9	0,9	0,2	0,2	3,4	1,4	0,0	0,0	97,5	9,7	103,0 b
2P	13,1	6,2	0,0	0,0	3,0	1,3	1,1	0,4	23,9	2,5	61,0	3,6	82,1 c
2K	0,0	0,0	2,6	0,5	0,2	0,1	2,1	2,2	0,0	0,0	69,9	2,7	74,8 cd
2C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	56,7	9,9	56,7 e
2E	18,4	11,3	0,0	0,0	3,3	1,7	1,1	0,4	4,9	3,5	50,8	9,5	78,5 c

Le chiffre en italique indique l'écart type. Une même lettre indique une absence de différence significative entre les systèmes étudiés au seuil de 5% d'après le test de Mann Whitney.

Les sols étudiés sur les deux sites sont des sols ferrallitiques rajeunis (horizon B de faible épaisseur ou difficile à différencier de l'horizon C d'altération). A Ambalavao le pourcentage moyen des éléments fins (argiles et limons fins) est de l'ordre de 62% alors qu'à Andranolava, le pourcentage moyen des éléments fins est de 42%. Le sol d'Ambalavao est donc plus argileux. Le stock de C des deux sites d'étude est différent. Le sol d'Ambalavao stocke plus de carbone que le sol d'Andranolava. Cette différence peut être expliquée en partie par la texture différente de deux sols (tableau 59).

Par rapport à la savane herbeuse considérée comme témoin, les stocks de C des sols des plantations et cultures connaissent une diminution. Sur une couche de 0-40 cm, la diminution est de l'ordre de 19% pour la culture temporaire, de 13 à 17% pour le pin, et jusqu'à 27% pour l'eucalyptus.

Discussion

Réduction du stock de carbone du sol par l'afforestation et la mise en culture traditionnelle

Outre le climat assez humide de la lisière du corridor, la teneur relativement élevée du stock de C sous savane pourrait être aussi liée à la gestion pastorale : pâturage peu intensif et passage du feu modéré (tous les trois ans). Ce mode de gestion activerait la production de la biomasse racinaire et aérienne, favorable au stock de carbone.

Dans la situation étudiée, le changement d'utilisation du sol par l'afforestation a réduit le stock de C dans le sol. Ce fait pourrait paraître paradoxal, le reboisement et plus généralement l'arbre étant souvent considérés comme bénéfiques à la teneur en matière organique du sol. Des études effectuées par Barthès et al. (1996), Ross et al. (1998), Hakan et al. (1998), Turner et al. (1999) et Chapela et al. (2003), ont déjà mentionné de telles diminutions des teneurs en matière organique sous plantation. Cette diminution du stock de carbone du sol après plantation de pin et d'eucalyptus s'explique par la

présence des champignons mycorhiziens qui vivent en symbiose avec les racines (Chapela *et al.*, 2001). Ces microorganismes hétérotrophes participent à l'épuisement du carbone souterrain, en favorisant la minéralisation des stocks organiques du sol et de composés carbonés racinaires de la plante hôte, nutriments absorbés par cette dernière.

Le retournement et la mise en culture de la savane herbeuse conduisent aussi à une diminution du stock de C. L'opération entraîne une augmentation de l'aération dans le sol et une perturbation intense, stimulant la minéralisation de la matière organique par les micro-organismes du sol et sa dilution (Barthès *et al.*, 1996). L'action des outils du travail de sol a aussi un effet direct sur la rupture des agrégats du sol qui facilite la minéralisation de la matière organique. Cette minéralisation est activée sous un sol non recouvert et exposé aux pluies, ce qui est le cas du manioc ainsi que lors des travaux de plantation des pins (sous-solage). La destruction des agrégats conduit à une déprotection de la matière organique et une perte de C par érosion liée à la faible couverture du sol. Diverses études effectuées en milieux variés ont déjà rapporté des effets négatifs de ce type de système de culture au niveau de la quantité du carbone du sol (Barthès *et al.*, 1996 ; Razafimbelo, 2005).

Cependant, cette baisse de carbone du sol sous afforestation peut être transitoire car après le pin exploité se met en place un milieu ligneux plus diversifié à partir des plantes de sous-bois (voir chap. 13). Il conviendrait d'évaluer le fonctionnement d'un tel milieu de remplacement, notamment au niveau du sol.

Accroissement du bilan global de carbone grâce aux parties aériennes

Le bilan de stockage de carbone de l'afforestation reste positif car le carbone contenu dans la biomasse racinaire compense le carbone perdu dans le sol. Le carbone contenu dans les parties aériennes représente finalement le seul gain à attendre de l'afforestation, d'environ 20 MgC.ha⁻¹ dans le cas de la forêt de pin étudiée (déjà exploitée) du site 1. Le gain avant exploitation, obtenu par calcul à partir de la reconstitution du couvert arboré, serait de 40 MgC.ha⁻¹ (Figure 39).

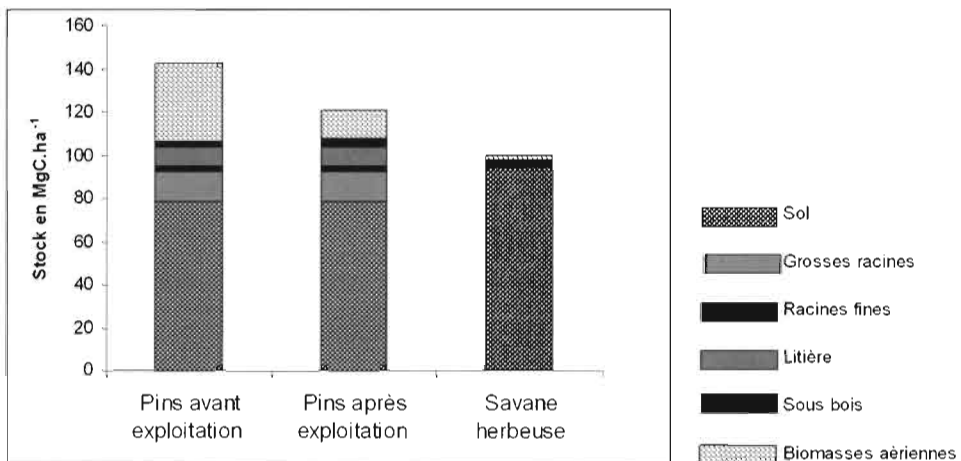


Figure 39. Comparaison des stocks totaux dans le site 1(sol +végétation)

De la durabilité du bois produit dépendrait donc l'intérêt de cette afforestation pour le stockage de carbone : meubles, papier (recyclable), bois de charpente conserveraient durablement du carbone fixé. De plus, de la régénération ou non de ces forêts après exploitation dépendra leur intérêt final. La conversion de ces plantations en une agriculture labourée temporaire, comme on l'observe

aujourd'hui (manioc) devant la demande foncière, ne fera qu'annuler les maigres acquis : brûlage des troncs résiduels et du sous-bois, mise en culture avec labour et minéralisation des parties souterraines et des litières libèrent beaucoup de CO₂ dans l'atmosphère. Le bilan de l'afforestation sera alors négatif en carbone car la savane aura perdu son stock de sol.

Conclusion

Dans la situation étudiée, le sol est un grand réservoir de carbone. Il contient de 60 à 95 % du stock total de carbone du système sol-plante.

Les résultats de stock de carbone des systèmes étudiés ont montré que malgré un stock de carbone du sol plus faible sous forêts artificielles que sous savane herbeuse, les stocks totaux de carbone des forêts de pin et d'eucalyptus, bien que déjà exploités, sont supérieurs aux traitements témoins (savane herbeuse à *Aristida similis*). Ceci confirme donc l'importance des forêts de reboisement pour le stockage de carbone dans notre situation de lisière de forêt naturelle, au climat humide favorable à l'arbre. Dans l'ensemble, le stock de carbone entre les deux essences de reboisement (jeunes pousses de pins en pleine croissance et plantation d'eucalyptus sous régime de taillis) n'est pas significativement différent mais on ne peut rien en conclure car il aurait fallu que les modes de sylviculture et l'âge des plantations soient comparables.

Entre les deux sites d'étude, une différence significative a été constatée sur le stock de carbone. Le site 1 à Ambalavao stocke plus de carbone que le site 2 à Andranolava. La différence serait liée à plusieurs facteurs dont la texture du sol, le microclimat et le mode de gestion de l'écosystème :

- la texture argileuse stocke plus de carbone que le sol à texture plus sableuse ;
- le climat plus humide en bordure de forêt naturelle est plus favorable à la production et donc au stock de carbone.
- le régime de pâturage et de feu pourrait être plus intensif dans le site 2, plus sec et plus peuplé

Les recoupements des informations permettent de conclure que l'afforestation contribue à augmenter le stock de carbone, mais moins que prévu car non seulement le sol de la savane étudiée est riche en carbone, mais aussi parce que les deux essences de reboisement, à croissance rapide, diminuent le stock de carbone du sol, et enfin parce que les parties aériennes sont exploitées rapidement et/ou amoindries par les feux accidentels.

Chapitre 19

Intensifier la riziculture autour du couloir RA L'offre technique est-elle adaptée à la diversité des situations et des ménages ?

G.Serpantié, M.Ramiarantsoa, M.Rakotondramanana, A.Toillier

Résumé : L'offre technique proposée aux paysans de la région du corridor pour faciliter la mise en œuvre de la politique de conservation, est-elle adaptée et efficace ? Une étude des priorités et de l'organisation des acteurs (services, projets, paysans), des choix thématiques, de l'impact des campagnes de formation sur le SRI (système de riziculture intensive) et le SRA (système de riziculture amélioré) a été entreprise dans le cadre du programme GEREM. Parallèlement aux variations des potentialités du milieu, la diversité des situations socio-économiques locales entraîne une différenciation des priorités et des possibilités d'adoption de nouveautés techniques par les ménages. Pour analyser cette différenciation, une typologie des ménages a été réalisée en fonction des moyens dont ils disposent et de leurs autres contraintes de fonctionnement. Une centaine de ménages ont été enquêtés dans des territoires aux caractéristiques contrastées. Partout des problèmes d'adéquation entre offre et besoin sont apparus, mais très différents de part et d'autre du couloir. En pays tanala, où les priorités des paysans n'étaient pas celles des développeurs, une relation forte entre ressources disponibles, types de ménages, et pratiques mises en œuvre, augure de faibles marges de manœuvre pour les paysans confrontés aux contraintes des mesures de conservation. A la lisière betsileo où s'accordent au contraire priorités des opérateurs et besoins paysans, c'est le message technique lui-même (SRI, SRA) qui est apparu peu adapté à la majorité des paysans ciblés, faute sans doute de connaître au préalable le fonctionnement du système proposé dans les conditions locales. L'offre technique doit donc être ciblée et adaptée. Dans les conditions actuelles, elle s'avère au contraire tronquée, normative et finalement peu adaptée à la diversité des situations, aussi bien à l'échelle régionale que locale. Ces connaissances manquantes relevaient de la recherche agronomique, en activité ralentie et finalement rarement associée à la gestion de l'environnement. Elle est pourtant de première importance dans le raisonnement de l'offre en fournissant à la fois des données sur les techniques dans divers contextes, sur les milieux et sur les systèmes de production locaux.

Mots clés : offre technique, développement rural, recherche agricole, environnement, exploitations, contraintes, ménages, pratiques rizicoles, intensification, SRI, SRA

Introduction

Autour d'enjeux avant tout environnementaux, les multiples actions qui se déroulent dans et autour du corridor Ranomafana-Andringitra représentent une expérimentation d'actions intégrées et régionales, dans le cadre de politiques publiques de gestion des espaces ruraux pour la conservation de la biodiversité. Elles se traduisent par de multiples changements des conditions auxquelles sont soumises les paysans riverains (rénovation de voies de transports, création d'associations villageoises, transferts de gestion des forêts contractualisés avec l'Etat, accès à des informations sur les techniques, les filières, les prix). Aussi, évaluer à court terme l'influence globale de ces politiques sur les pratiques locales représenterait un programme en soi. Il ne serait pas non plus facile de différencier l'influence de ces politiques des transformations spontanées dues à d'autres facteurs.

Dans ce chapitre, nous nous bornerons donc à évaluer des domaines restreints mais importants de ces actions : les domaines de la formation et du conseil technique, en les confrontant aux besoins des populations. Ces besoins étant eux mêmes difficiles à appréhender (il n'y a pas de " demande

technique " en tant que telle), une manière d'aborder la concordance entre information technique et besoins est de vérifier plusieurs points :

- 1) que les priorités des acteurs exogènes et endogènes s'accordent,
- 2) que l'offre technique existe et comble bien un vide dans les systèmes de production,
- 3) que l'offre conduit à des changements en rapport direct avec cette offre. En d'autres termes : y-a-t-il bien adoption des recommandations du conseil technique ?

Analyser l'influence des politiques publiques pour ce cas d'étude revient à aborder trois questionnements successifs :

- 1) Quelles sont les priorités des politiques de gestion des espaces ruraux ? Comment les informations techniques sont-elles choisies et diffusées, aux échelons régional et local (organisation, thèmes) ? Quelle est l'offre technique reçue effectivement ?
- 2) Quelles sont les pratiques à améliorer et priorités des paysans dans la diversité de leurs situations ?
- 3) L'introduction de nouvelles techniques est-elle un succès ? Y a-t-il changement et quels en sont les effets, à la fois environnementaux, sociaux, économiques ?

Sans prétendre répondre à toutes ces questions, nous tenterons de brosser le tableau le plus complet possible en ces quelques pages.

Méthodes

Pour comprendre la traduction des politiques de gestion d'espaces ruraux dans le domaine technique d'appui au secteur agricole, un dispositif d'enquête sur l'offre technique régionale autour du corridor a été mis en place en 2004. Deux points de vue ont été abordés, celui des programmes d'appui et celui des paysans. Le dispositif a cumulé une recherche sur les priorités des services de l'État au niveau régional, des enquêtes auprès des opérateurs⁴⁹ et des ménages agricoles⁵⁰ en lisière est et ouest du corridor.

Pour analyser et différencier les pratiques et les choix techniques opérés, par les ménages, une typologie a été réalisée en fonction de critères structurels. Quatre-vingt-quinze ménages ont été choisis dans des territoires contrastés après recensement de l'ensemble des ménages présents dans chaque situation. Les variables descriptives retenues ont été : les caractéristiques des ménages, leurs moyens et leurs modes d'accès à la terre, leurs diverses pratiques et calendriers d'activité, notamment en matière de riziculture et d'activités finançant les achats de riz à la soudure, mais aussi les contraintes perçues. Ici nous développerons le cas des villages tanala (35 ménages), afin de saisir en quoi les propositions s'adaptent à la diversité des exploitations.

L'étude des changements liés aux propositions techniques a été réalisée à partir du cas de l'intensification rizicole dans la commune d'Androy en pays betsileo. Bien que la pression démographique soit moins problématique que dans d'autres régions et donc moins propice à l'innovation en faveur de l'intensification rizicole, ce cas d'étude est intéressant du fait de l'existence d'inégalités d'accès aux terres, d'une part (voir chap.5), et d'autre part parce que la riziculture inondée est au centre des préoccupations de tous les ménages. L'adoption des propositions techniques a été étudiée en 2006 dans trois fokontany riverains du couloir. Des données agronomiques et économiques sur les techniques mises en pratique ont été acquises à l'échelle " parcelle " en 2006 pour évaluer leurs

⁴⁹ Les questions portaient sur leur organisation régionale et leurs relations, les zones d'application, les thèmes techniques -origine, attendus-, l'effort de formation, les données statistiques disponibles, la distribution dans l'espace des actions de formations et leur évolution

⁵⁰ Les questions portaient sur les pratiques habituelles, le parcours de formation, le niveau d'adoption des thèmes techniques, les résultats obtenus, et les projets d'avenir.

avantages et leurs exigences relativement au système de riziculture betsileo traditionnel. Des observations de peuplements de riz (5 carrés de 2m² par sous-parcelle homogène) ont été réalisées chez des ménages pratiquant les différents systèmes de riziculture (intensif/traditionnel), ou chez des ménages différents mais sur des parcelles voisines. L'historique des parcelles, la superficie, l'itinéraire technique, les temps de travaux et dépenses, les conditions culturales aux différentes phases, le rendement en paddy et ses composantes ont été ainsi recueillis sur une quinzaine de parcelles de chaque système.

Résultats

L'offre technique

Organisation

Les acteurs du développement sont nombreux dans la région du corridor forestier de Fianarantsoa. Outre les communautés paysannes on distingue deux grandes catégories : le secteur des services et celui des projets.

Le secteur des services regroupe les infrastructures d'appui étatiques et les institutions de recherche. Les activités de la DRDR (Direction Régionale pour le Développement Rural) sont limitées par une logistique défaillante, liée au désengagement de l'Etat, mais joue un rôle important dans la planification du développement régional (PADR). Il gère l'approvisionnement en engrais. Depuis quelques années, l'institution de recherche agronomique nationale, le FOFIFA, est en activité ralentie à Fianarantsoa, faute de budget. Les activités de recherche sont en grande partie liées à des projets internationaux (Centre Valbio, ICTE, IRD, universités anglaises, américaines et japonaises) qui collaborent avec les Universités d'Antananarivo et de Fianarantsoa, le FOFIFA, et le CNRE, essentiellement sur des thèmes liés à la biodiversité. Leur rôle a été primordial lors de la définition de la stratégie de conservation de la biodiversité sur la trame des corridors forestiers (Mittermeier *et al*, 2006). Une institution financière malgache, le PSDR (Projet de Soutien pour le Développement Rural) financée par la Banque Mondiale ainsi que l'ANGAP (gérant des parcs nationaux), sélectionnent et assurent le financement de micro-projets transmis par les différents intervenants locaux après élaboration participative.

Le secteur des projets est essentiellement organisé par un grand projet international, le LDI (Landscape and Development Intervention), auquel succède le ERI (Eco Regional Initiative), sous financement de l'USAID. Le programme SAGE et l'agence ANAE, anciennes agences d'exécution de l'ONE étaient des acteurs importants mais devenus secondaires, du fait de financements irréguliers. Les actions de terrain sont menées soit directement par les agents de ces organisations, soit par des " partenaires stratégiques ", ONG malgaches expérimentées, le plus souvent d'obédience religieuse⁵¹ et plus récemment par une multitude de petites associations nationales, soit privées (aux mains d'anciens fonctionnaires), soit locales, servant de prestataires de service. Ces ONG se chargent des innombrables enquêtes préalables (diagnostics locaux, évaluation, élaboration des Plans Communaux de Développement, montage de micro-projets), puis exécutent des missions de formation dans les domaines de l'agriculture, de la santé, du crédit, des petits équipements, ou lancent de nouvelles activités artisanales ou agricoles en prestation de service. Une certaine rivalité et un partage de l'espace en zones d'influence s'observe. Le Comité Multilocal de Planification (CMP), organe consultatif financé par USAID, assure une coordination (réunions stratégiques), centralise et diffuse l'information sur le corridor, ses acteurs et les actions entreprises.

⁵¹ Ces partenaires stratégiques du LDI représentaient des associations de développement rural de différentes obédiences chrétiennes : FAFABI pour les luthériens, SAF/ FJKM pour les protestants anglo-saxons, CCD NAMANA pour les anglicans et TEFY SAINA pour les catholiques. Elles n'ont pas de relations entre elles.

Les activités de développement sont menées dans les communes riveraines du corridor et des parcs nationaux, mais privilégient clairement les zones facilement accessibles et les zones périphériques aux parcs. Sur le terrain, ces activités sont mises en œuvre par les agents des ONG ou des associations qui résident en permanence dans les communes concernées. Ces agents sont peu nombreux. Le principe est que la société paysanne ne soit pas assistée mais responsabilisée afin de prendre en charge son propre développement. Ces principes participatifs conditionnent l'aide et les formations à la constitution d'associations locales d'usagers, à l'approche de diffusion des techniques appelée " *farmer to farmer* " et à une participation des usagers aux coûts des nouvelles techniques introduites. Engrais, matériel agricole, alevins, semences sont toujours achetés par les paysans mais à des prix préférentiels par rapport à ceux du marché, ou grâce à des crédits avantageux.

Finalement on reconnaît une organisation de l'appui technique pyramidale mais divisée à la base, fortement dépendante des ressources internationales et liée aux milieux religieux. Quelle serait la pérennité de cet édifice sans le financement de l'USAID et des églises ?

Axes de développement prioritaires et thèmes techniques recommandés

Selon les enquêtes réalisées, les activités de développement agricole entreprises ont un double but : elles sont destinées à améliorer la situation économique des campagnes notamment dans les zones soumises à une restriction d'accès aux ressources naturelles, mais aussi à réduire l'intérêt des pratiques paysannes destructrices de la forêt, en apportant des solutions concurrentes, et de substitution. Elles doivent ainsi permettre de faciliter l'adhésion des communautés paysannes aux mesures pro-environnementales, et donc le respect de celles-ci. L'offre porte essentiellement sur des appuis à l'intensification, aux techniques agro-écologiques, à la défense et restauration de sols, à la diversification des filières de produits, et à l'organisation d'une filière d'approvisionnement en intrants. Ces généralités posées, examinons la traduction locale des politiques à travers les priorités énoncées par l'administration régionale et les opérateurs principaux.

Les priorités de la Région Haute-Matsiatra en matière de filières agricoles placent en premier, parmi 10 priorités, la production de riz (ERI, 2005). Les stratégies étant mises en œuvre par de multiples opérateurs dans le cadre d'un partenariat avec la Région, la filière riz est donc aussi prioritaire pour ces derniers. Elle l'est d'autant plus que, en partant d'une analyse de la diversité des niches agro-écologiques et de leurs potentialités, la niche "bas-fond " est vue comme la plus susceptible de rentabiliser variétés améliorées, intrants et pratiques culturelles innovantes (ERI, 2005).

L'offre de la recherche: variétés et itinéraires techniques pour le riz irrigué en Hautes Terres

Madagascar a une longue tradition en matière de recherche variétale et, dès les années 50, possédait quelques variétés remarquables. A partir de 1975, des périmètres de démonstration ont été répartis chez les paysans producteurs de la région d'Antananarivo et de Fianarantsoa pour étudier l'équilibre de la fertilisation organo-minérale et la valeur fertilisante des ressources phosphatées locales. L'importance de ces recherches a trouvé une application limitée en pays betsileo, compte tenu d'une économie locale peu monétarisée, des exploitations très petites, des coûts croissants des engrais, et des résistances paysannes à leur utilisation. Il existe une perception paysanne très répandue, ancienne et toujours vivace d'un effet négatif de l'engrais chimique sur la structure du sol : " l'engrais durcit le sol ".

Les recherches sur le riz les plus récentes ont produit de nouvelles variétés (X265), et, en filiation de l'approche système, se sont orientées sur l'évaluation et la promotion de systèmes de culture plus performants, adaptés à des situations agro-écologiques variées. Le FOFIFA et les ONG vulgarisent

deux systèmes : le Système de Riziculture Améliorée (SRA⁵²) quand la maîtrise de l'eau n'est pas assurée, et le SRI⁵³ (Système de Riziculture Intensive) en cas de bonne maîtrise de l'eau, à partir de l'invention du R.P. de Laulanié en 1983 (Laulanié, 1991). Ce système intensif est sensé maximiser le tallage du riz (Laulanié, 1991 ; Vallois, 2003). Le SRI est proposé depuis 1993 là où il y a la maîtrise de l'eau et un espace rizicole insuffisant pour les besoins. Ce système exige une parfaite maîtrise de l'eau et de l'enherbement, des soins délicats et une intense surveillance. Selon ses promoteurs à Fianarantsoa, partant du rendement traditionnel de 2 t/ha, en SRI le rendement est trois à quatre fois supérieur avec la même dose de fertilisant, au prix certes d'un doublement du travail. Le SRI a été promu par l'ONG Tefy Saina autour du parc de Ranomafana. Le FOFIFA reste réservé sur son intérêt (Moser, 2002) mais participe à la diffusion. La recherche internationale doute des exceptionnels résultats prêtés au SRI (Sheehy et al, 2004).

Ces deux techniques sont sensées permettre chacune une adaptation à certaines situations (degré de maîtrise de l'eau, pression démographique, niveau de monétarisation), pour dépasser les normes du système de culture traditionnel, qui étaient adaptées à des situations d'accès à la terre suffisant et de faible monétarisation. Les recherches qui ont présidé à l'élaboration de ces modèles techniques et variétaux se sont déroulées dans des environnements similaires aux HT de Fianarantsoa (Antsirabe, Ambatondrazaka).

Absence de références techniques pour le riz pluvial tanala

Des références techniques sur le riz pluvial seraient bienvenues pour savoir si cette culture liée au *tavy* peut être adaptée à une raréfaction des terres forestières. Le bilan de la recherche agricole à Madagascar avant 1990 (MRSTD, Fofifa, 1990, 356p) n'accordait que 2 pages au riz pluvial (0,5%), et 4 au riz irrigué (1%). Le riz pluvial a surtout été étudié dans l'Ouest et pour une application sur les Hautes Terres (HT), où le riz pluvial n'est pourtant traditionnellement pas cultivé, tandis que dans les zones traditionnelles de culture (Betsimisaraka, Tanala), aucune recherche spécifique de longue durée ne nous semble avoir eu lieu pour développer des pratiques de riz pluvial adaptées au milieu déforesté. Pour les HT, il a été préconisé une rotation manioc-arachide-riz pluvial (variété 2366) avec un apport d'engrais minéraux au semis⁵⁴ sous réserve d'un contrôle "convenable" des adventices et prédateurs et une fertilisation organique "toujours bénéfique", le tout permettant d'atteindre le rendement de 15-20 qx/ha. Pour la Côte Est, la seule proposition de la recherche était la variété 2407. Les recherches récentes se sont poursuivies au profit du riz pluvial sur les HT : intégration à des systèmes sans labour, systèmes de culture plus intensifs ou mécanisés, adaptations variétales à la sécheresse, à la pyriculariose, aux faibles intrants. Le projet Terre-Tany et le projet BEMA (Fofifa-Univ. suisses) ont abordé la question de l'amélioration des systèmes de production dans les zones déforestées mais sans établir de thèmes de vulgarisation pour le riz pluvial.

Thèmes techniques recommandés par les opérateurs

Les principaux projets (LDI-ERI, SAGE) cherchent à promouvoir l'intensification de la riziculture en proposant aux paysans de nouvelles connaissances pratiques à partir des recommandations de la recherche. Les systèmes SRI et SRA, la variété X265 sont proposés de part et d'autre du corridor et en tout lieu, faute de propositions dédiées à la situation tanala. Les actions comprennent aussi la réhabilitation de systèmes irrigués détruits par des cyclones, l'approvisionnement en sarcleuses et engrais

⁵² Repiquage en carré de plants assez jeunes de 25-30 jours, 20 x 20 cm, 2 à 3 brins par touffe, inondation immédiate, sarclage précoce dès le 30^{ème} jour, et fertilisation recommandée.

⁵³ Repiquage en carré de plants très jeunes de 8-10j jours, 25 x 25 cm, 1 brin par touffe, parcelles au départ seulement humectées ; 3 Sarclages à la sarcleuse rotative, fertilisation NPK 100kg/ha +fumure organique 1t/ha

⁵⁴ 45 N, 60 P205, soit 300kg NPK /ha

(à crédit) et la rizi-pisciculture. Hormis la variété X265, il n'y a rien de très nouveau. Ces actions se font dans la continuité des actions anciennes de l'ODR et de l'ONG Tefy Seina, le SRA étant la nouvelle dénomination du " semis en ligne " promu dans les années 1960. L'association systématique de ces thèmes techniques pour les villages qu'ils soient à l'Est ou à l'Ouest du corridor, et sans changements majeur dans le temps, constitue une " thérapie ". passe-partout appliquée à des situations agraires et environnementales qui ont pourtant bien peu de choses en commun. Quelle est la cohérence des priorités, des opportunités de la Recherche, des thèmes vulgarisés avec les besoins locaux ?

Inadéquation avec les besoins en pays tanala

Priorités pour les paysans

Pour les Tanala, le riz est une production prioritaire mais à travers trois types de systèmes de culture : le riz pluvial de *tavy*, le riz de marais *horaka*⁵⁵, et le riz irrigué sur deux facettes paysagères (sur les colluvions *baiboho* et sur les terrasses de versant *kipahy*). Le riz irrigué, introduit au début du 20^{ème} siècle, valorise des bas de pente et des terrasses construites sur les milieux les plus stables. Seuls le riz irrigué et de marais sont pris en compte par les opérateurs. Parmi les 25 actions agricoles menées en appui aux groupements paysans créés par l'USAID (les *Koloharena*), aucune action ne concernait le riz pluvial (tableau d'actions LDI 2002-2003, dans ERI, 2005). Dans la mesure où il est associé au *tavy*, proscrit, il est en quelque sorte banni des préoccupations.

Pour connaître le niveau d'importance du riz pluvial pour les Tanala, il a fallu étudier ce qui gouvernait son importance actuelle dans la diversité des cas, en enquêtant dans trois villages de la lisière est (Ambalavero, Ambodivanana, Madiorano) et en étudiant le lien entre types d'exploitations et pratiques rizicoles. Les types structurels d'exploitation, après analyse multivariée des variables d'exploitation, se sont avérées gouvernées essentiellement par trois critères structurels : l'origine de la famille ; la place de l'EA dans son cycle de vie⁵⁶ ; et l'importance du couvert forestier du terroir, en zone agricole (<800m).

Tableau 1 : Superficie de rizière et type de systèmes de culture de riz en pays Tanala suivant les critères structurels de la typologie d'exploitations

Taux d'exploitations pratiquant (%)	Pratiques	Surface de rizières par unité de besoin		Choix des terres et aménagements (modalité principale)			Pratique du riz pluvial en 2005
		<5 ares/UC	>10 ares/UC	Marais (drainage)	Baiboho et sols portants	Terrasse	
	Modalités de pratiques						oui
Critères structurels	Total (%)	32	39	23	42	32	26
Origine	Autochtones	39	44	33	44	22	28
	Migrants locaux	33	17	17	50	33	17
	Migrants autres fiv.	14	43	0	29	57	29
Stade dans le cycle vie	Stade 1	40	20	20	50	20	20
	Stade 2	50	50	50	17	33	33
	Stade 3	13	50	25	50	25	25
	Stade 4	29	43	0	43	57	29
Ancienneté	Ambalavero (forêt)	78	22	33	44	11	44
déforestation et	Madiorano (Nb Betsileo)	18	45	36	36	27	27
immigration	Ambodivanana	9	45	0	45	57	9

⁵⁵ Ces deux systèmes de culture sont très anciens dans les bas-pays en arrière des côtes, André Coppalle, dans son voyage de 1825-26, les a décrit en pays Betsimisaraka en zone déforestée (zone des bamboux).

⁵⁶ Stade 1 : nouvelles exploitations, stade 2 : exploitations en croissance, stade 3 : exploitations matures, stade 4 : exploitations en pré-retraite, reliées sur quelques activités avec une main d'œuvre réduite)

Le tableau 1 donne les pourcentages d'exploitation agricole par type de pratiques : surface de rizière par unité de consommation, type d'aménagement principal, présence de riz pluvial.

Ce sont les jeunes EA tanala des villages peu déforestés qui manquent de rizières. Concernant le choix des terrains et le type d'aménagement, les marais à drainer sont plutôt le fait des autochtones, en croissance, et des villages peu déforestés, tandis que les terrasses sont le fait des migrants betsileo, des exploitations préretraitées, et du village déforesté qui a accueilli à une époque des migrants betsileo (Madorano). Selon leur origine, les paysans sont donc plus ou moins suffisants en rizières (Betsileo suffisants, Tanala insuffisants). Ils choisissent entre des marais (Tanala) ou faire des terrasses (Betsileo). Le riz irrigué n'est donc une priorité que chez les paysans de certaines origines et des exploitations matures. Le riz pluvial, même s'il est actuellement en perte de vitesse (manque de terre et défriche interdite des vieilles jachères) continue d'être pratiqué car il constitue une opportunité pour les migrants, une pratique identitaire pour les autochtones, une nécessité pour certaines classes d'exploitations (jeunes sans héritage de rizières). En effet, elle est indépendante de la disponibilité de rizières (30% pour <5ares/UC ; 25% pour >10 ares/UC) car elle complète le calendrier de récolte (en avril), est sûre et facile, et est indispensable. En effet la majorité des ménages tanala ne produisent pas suffisamment de riz du fait de leurs compétences techniques relatives, de la faiblesse de leurs moyens pour prendre des salariés betsileo, et de leur accès limité à des terres favorables. Des actions en faveur de cette production quasi proscrite auraient donc été utiles.

En pays Betsileo, une bonne adéquation offre-besoins et pourtant une adoption mitigée

La priorité politique et l'offre de la recherche s'accordent parfaitement à celle des paysans betsileo qui est le riz irrigué en condition de faible accès à la terre croissant (cf Chap 5), offrant une heureuse convergence de vues à tous les niveaux de l'action.

Dans la commune betsileo d'Androy en lisière du couloir RA, les systèmes de culture SRI et SRA y font l'objet d'actions de vulgarisation et d'encouragements systématiques depuis 1999 et antérieurement autour du parc de Ranomafana, d'abord par l'association Tefy Seina⁵⁷ et l'église catholique, puis par le projet LDI de l'USAID. Elles font même l'objet de formes d'obligation : en 2006 la fourniture d'engrais aux membres des associations *Koloharena* était assortie de conditionnalité à la réalisation de SRI ou SRA. Les techniciens du LDI y ont repris la suite des activités de Tefy Saina en maintenant une continuité des thèmes techniques proposés, et en adoptant l'approche " *farmer to farmer* " pour multiplier la population touchée.

Selon notre recensement 2006, cet effort de vulgarisation a permis aux systèmes SRI ou SRA d'être adoptés en 6 ans par 6,5% des ménages du *fokontany* d'Iambara et 3,4% des ménages des trois *fokontany* limitrophes (Igodona-Iambara-Amindrabe). Les ménages adoptants sont souvent des notables et des femmes, et dans la grande majorité font partie du tiers " aisé ", c'est à dire possédant au moins un zébu. Ces systèmes de culture innovants sont mis en œuvre seulement sur une faible partie des parcelles dans chacune de ces exploitations. Les adoptants ne sont pas représentatifs de la majorité des exploitations agricoles qui sont dirigées par des hommes, sans bœufs, et qui habitent dans des hameaux isolés. Les résultats de son adoption sont plutôt limités dans des conditions pourtant a priori propices (bonne maîtrise de l'eau, nombreuses exploitations ayant un faible accès à la terre).

Diagnostic agronomique

Les résultats de l'année 2006 (50 parcelles) indiquent que le système SRI mobilise du fumier 3 fois sur 4, alors que les systèmes traditionnels betsileo et SRA seulement une fois sur quatre (tab. 2).

⁵⁷ fondée par l'inventeur et promoteur du SRI (le Père H. de Laulanité).

Tableau 2 : Mobilisation du fumier par les différents systèmes de culture de riz
(dépendance des lignes et des colonnes significatives)

%	Système betsileo	SRI	SRA
Pas de fumier	72	27	78
Fumier certaines années	21	13	0
Fumier chaque année	7	60	22
	100	100	100

On peut déjà supposer que la pratique de SRI impose l'application de fumier dans l'esprit de ses praticiens, contrairement aux autres systèmes, et qu'ils en disposent le plus souvent. C'est effectivement la base des discours entendus chez les techniciens: le SRI requiert du fumier. Un quart des parcelles en SRI n'en ont cependant pas bénéficié.

La comparaison des rendements a été menée entre les systèmes traditionnel betsileo, SRI et SRA sous différentes modalités de fertilisation (tab. 3).

Tableau 3 : Rendements moyens de paddy 2006 en fonction de différentes pratiques

Pratiques de fertilisation	Système betsileo	SRI	SRA
Fumier+engrais chaque année	36	47	42
Fumier chaque année	38	50	48
Engrais chimique seul chaque année	36	37	39
Fumier certaines années	32	49	
Rien	29 qx/ha		

Le rendement du système betsileo, pris comme témoin, est plus élevé que ce qui est généralement décrit : la moyenne généralement fournie est de 2 t/ha alors que nos mesures donnent 2,9 t/ha sans fertilisation, et plus de 3,5 t/ha en cas de fertilisation chaque année. Les paysans des lisières qui adoptent le SRI ou leurs voisins immédiats mèneraient donc une riziculture déjà intensive contrairement à ce que suppose la promotion d'un système de riziculture intensive auprès d'eux.

Sous les trois modes de fumure avec fumier, le SRI et le SRA sont significativement supérieurs au système betsileo. L'augmentation du rendement est alors de l'ordre de 30%. En présence d'engrais chimique mais sans fumier, il n'y a pas de différence de rendement entre les trois systèmes. En l'absence de toute fumure, il n'existe pas de SRI dans notre échantillon.

Contrairement à ce que les promoteurs du SRI en attendent (forte augmentation du tallage), la densité de panicules/m² est restée ici inchangée. Seul le tallage par pied est très supérieur car la densité de pieds en SRI est très faible. Le SRI en revanche a joué significativement positivement sur la taille de l'épi (grains par épi), qui explique l'accroissement de rendement. Cette meilleure croissance de l'épi en présence de fumier pourrait s'interpréter par de meilleures conditions d'alimentation minérale du riz dans les stades précoces de formation de l'épi. Le feuillage bien vert indique en effet que l'alimentation minérale est correcte. Le fumier minéralise évidemment mieux et l'enracinement est visiblement plus dense et plus profond dans les conditions aérobies du début de cycle en SRI.

Dans les conditions du système betsileo en revanche, inondé sous une forte lame d'eau dès le repiquage, le feuillage jaunâtre indique des conditions d'alimentation azotée déficientes dans l'ensemble. Le fumier enfoui au labour minéralise mal et l'enracinement reste faible et superficiel. La forte densité de repiquage pratiquée traditionnellement compenserait le mauvais tallage par pied et le faible enracinement par pied. Les épis, confrontés à la concurrence pour une ressource rare, restent petits. L'engrais épandu dans l'eau améliore certes l'offre minérale mais avec des pertes. Le défaut d'enracinement serait de plus limitant pour l'absorption de l'apport d'engrais minéral.

Ces premières observations sur des pratiques rizicoles paysannes innovantes le long du corridor et leurs résultats indiqueraient des conditions et des résultats très éloignés de la " théorie du SRI ". Non seulement le rendement du système *betsileo* est meilleur que prétendu, les accroissements de rendements bien moindres, le tallage au mètre carré n'augmente pas, et les potentialités d'accroissement de rendement ne s'exprimeraient qu'en cas d'application de fumier. Ce qui explique et justifie l'importance de l'application de fumier dans le cas du SRI par rapport aux autres systèmes. Si ces résultats étaient confirmés en conditions expérimentales, on aurait une hypothèse à tester pour une meilleure compréhension du SRI : ce système de culture exprimerait ses potentialités seulement en présence de fumier. La clé du SRI ne serait donc pas un haut niveau de tallage permis par des plants plus jeunes, mais une phase aérobie en début de culture, permettant un développement de l'enracinement et la minéralisation des matières organiques fraîches enfouies et se répercutant éventuellement seulement sur le niveau de tallage.

Si de tels résultats se renouvellent en 2007, il existera des explications à la fois techniques et économiques pour la faible adoption du SRI à lambara :

- faible gain de rendement comparé au système traditionnel déjà " intensif ",
- application de fumier obligatoire en plus des autres changements de l'itinéraire technique. Pour bénéficier d'un progrès de rendement par rapport au système *betsileo* déjà intensif, le fumier serait indispensable et donc réservé aux exploitations en disposant. Or, d'après le chapitre 11, les exploitations disposant de fumier possèdent des boeufs, que l'on achète une fois les rizières acquises. Les exploitations à rizières insuffisantes n'ont pas ou peu accès au fumier.

Le fumier n'est cependant pas le seul atout à posséder pour que le SRI représente une pratique avantageuse. Le SRI, qui exige plus de travail, ne convient donc aussi que dans un contexte économique de main d'œuvre abondante, dans l'absolu, ou relativement à la surface disponible. En moyenne, la région de lambara ne manque pas encore de terres à riz (chap. 5). Les mesures de conservation n'ont pas empêché l'usage des bas-fonds forestiers. Cependant les terres sont distribuées de façon très inégalitaire. C'est finalement dans le contexte des plus riches (accès à des surplus de travail par salariés manquant de terres, fumier), celui des femmes seules (travail direct, fumier de basse-cour, très petites parcelles) que le SRI est surtout adopté. Les paysans ordinaires qui disposent de fumier ont aussi en principe suffisamment de rizières qui occupent déjà leur main d'œuvre. Les autres n'ont pas de fumier et ont donc intérêt à rester en système *betsileo*, viser un rendement de 3 t/ha, et, utiliser leur temps libre à mener d'autres activités (salarier chez les plus aisés ou en pays *tanala*, fabrication de charbon, collecte de produits forestiers).

Vue des paysans

Deux discours différents sont entendus chez les paysans de la région d'lambara (commune d'Androy, lisière ouest). Un premier provient des animateurs et des membres des bureaux des associations et des COBA : " les nouvelles techniques favorables au développement et à la conservation de l'environnement sont le SRI-SRA, l'apiculture, la pisciculture, les courbes de niveau, les barrages, le compost, les plantations de *ravintsara* ". Il s'agit en fait du discours des promoteurs de cet ensemble de recommandations, repris par les agents qu'ils ont formés dans ce but dans le corps paysan (" paysans vulgarisateurs "). Ces derniers constituent souvent les bureaux des associations locales. Un second discours est celui des paysans " ordinaires ". Ils ne connaissent que quelques unes de ces propositions, soit par formation, soit par des voisins. Les formations reçues par chacun ne portent que sur un petit nombre de thèmes. Ils sont beaucoup moins loquaces que le groupe précédent. Sans se dire pour autant opposés à ces techniques, ils ne les considèrent pas suffisamment avantageuses dans leur cas.

Beaucoup de paysans qui auraient pu appliquer le SRA et le sarclage mécanique invoquent des sols peu portants (sols souvent tourbeux en lisière et en forêt). Quand aux adoptants, ils vantent souvent des avantages pourtant marginaux, comme les promoteurs (économies de semence).

Si ces données se confirmaient, on comprendrait mieux les difficultés d'adoption de cette technique dans la zone de Iambara. Dans d'autres situations en bordure de corridor, en présence d'une véritable pression foncière, de différences moins marquées entre exploitations, et de pratiques complémentaires de production de fumure organique (compost, étales fumières), le SRI pourrait être beaucoup plus adopté et remplir au moins une partie des espoirs qui ont été placés en lui.

On ne comprendrait pas, en revanche, que le SRI n'ait pas fait l'objet d'évaluations agronomiques et économiques dans les conditions de la pratique, alors que ce thème est régulièrement cité comme une " technique miracle pour les pauvres " et fait partie des thèmes les plus mis en avant par certains bailleurs de fonds. On peut comprendre cet engouement chez des financiers, car, n'impliquant pour une fois aucun investissement autre que l'éducation, aucun soutien aux filières d'approvisionnement en intrants, la rentabilité de ce type de formation technique est en principe élevée. Encore faut-il trouver des amateurs de sur-travail.

Discussion et conclusions

En matière d'amélioration de la riziculture, priorité des priorités, l'offre est d'abord tronquée : rien sur le riz pluvial adapté aux Tanala. Elle est de plus distribuée de façon irrégulière le long du corridor. Elle est enfin plutôt normative, puisque le seul choix restant au paysan, qu'il soit Betsileo ou Tanala, reste entre SRI et SRA, variété X265 et... X265. En amont, la recherche est peu active et fortement axée sur la biodiversité forestière

En pays tanala

En partant de la diversité des situations et des types d'exploitation, nous avons identifié, à partir d'indicateurs des types d'exploitation, un lien fort entre des variables structurelles (autochtonie, place dans le cycle de vie, ressources disponibles) et des pratiques, qui montrent que les marges de manœuvre sont faibles. Sans être déterminées, les pratiques sont fortement contraintes. Ces différences de conditions externes et internes aux exploitations doivent être prises en compte en vue d'un meilleur ciblage de l'effort de formation et d'appui économique. En matière de riziculture améliorée, alors qu'il s'agit d'une production prioritaire, tout se passe comme si on appliquait à la lisière est du corridor des propositions de la recherche (variétés, itinéraires techniques) élaborées pour les Hautes-Terres, sans prendre en compte les besoins de la situation du bas-pays : riz de pente, riz de marais. Même en matière de riz irrigué, les itinéraires techniques des Hautes-Terres ne peuvent convenir au bas-pays. Si certains thèmes sont adoptés (tels que la variété X265 adoptée massivement pour le riz irrigué précoce tanala, au détriment des variétés locales), cela relève d'un heureux hasard et non d'un raisonnement technique en amont. Le développement du riz primeur depuis 2000 est un mouvement autonome, sans lien avec l'action technique.

En pays betsileo

On peut se demander si les propositions techniques SRI et SRA, élaborées en des sites précis, ont été testées dans les conditions de la pratique, car leur intérêt s'avère parfois moindre lorsqu'on avait sous-estimé les résultats de la pratique paysanne. Bien que nous ayons trouvé un intérêt à ces systèmes, cet avantage est moindre que prévu. Il y a en fait peu d'informations publiées sur le fonctionnement du SRI et SRA chez les paysans. La littérature oscille entre celle de ses promoteurs (Laulanié, 1991, 2003 ;

Vallois, 2003), et celle des sciences humaines qui tentent d'expliquer pourquoi une technique aussi intéressante ne diffuse pas mieux (Moser, *et al.*, 2003 ; Jenn-Treyer *et al.*, 2006 ; Sandron *et al.*, 2006). Il manque des observations agronomiques au champ du paysan, d'observateurs non impliqués dans la vulgarisation.

Les exigences en moyens supplémentaires (main d'œuvre, fumier) représentent un filtre redoutable pour des techniques porteuses d'avantages marginaux dans des économies où le paysan a toujours le choix de valoriser son travail sur ses propres parcelles ou sur celles des autres. Il y aura donc un lien entre le niveau d'égalité entre exploitations et le niveau d'adoption. Peu d'exploitations sont à même de les adopter sur leur propre parcelle pour l'avantage direct qu'elles procurent, si ce n'est les nantis en moyens de production et des cas particuliers (femmes seules dans notre cas, ou motivations religieuses). Ce filtre s'ajoute à tous les filtres inhérents aux projets de développement, à commencer par les populations réellement touchées par les actions de formation, et les conséquences de la participation : seuls les paysans a priori motivés participent aux formations, seuls les paysans vulgarisateurs convaincus transmettent ce qu'ils ont appris.

Une recherche agronomique à réhabiliter

La ligne de chemin de fer FCE n'est pas le seul secteur à réhabiliter dans la région de Fianarantsoa. L'offre technique autour du corridor apparaît particulièrement tronquée et normative, et moins intéressante qu'annoncé, ce qui n'augure pas d'une réussite générale des innovations développées, et donc augure plutôt d'un faible impact en terme de développement et de soutien aux mesures environnementales. Une des limitations vient d'une recherche agronomique laissée pour compte. Les projets voudraient-ils proposer une palette plus large et plus adaptée de solutions, ils ne peuvent s'adresser qu'à la recherche agronomique qui, depuis que les projecteurs sont braqués sur l'environnement et la biodiversité, a été délaissée, alors que tout est lié.

Dans les années 1980, la reconnaissance d'une diversité de situations et d'exploitations avait conduit, dans le cadre d'activités de Recherche-Développement, de nombreux programmes à réaliser des typologies d'exploitations. Il s'agissait d'adapter l'offre technique ou de services aux conditions, besoins et capacités de chaque type d'exploitation (Capillon et Sébillotte, 1980). On s'était mis aussi à l'étude des systèmes de culture " sous contraintes ", dans les conditions de leur pratique (Fillonneau, 1994). Ces pratiques de recherche technique, d'appui et de conseil de gestion différenciées avaient permis de rompre avec les préconisations normatives qui avaient cours jusque-là, à partir d'expérimentations en milieux contrôlés, dans des conditions où ni les coûts des techniques préconisées, ni leur cohérence avec le mode de fonctionnement de l'exploitation individuelle et sa situation, n'étaient pris en compte.

Aujourd'hui, l'affaiblissement de secteurs entiers de la recherche au profit d'autres, risque de laisser libre court aux anciennes erreurs de l'action technique en milieu rural : dénigrer a priori les pratiques paysannes, limiter les coûts d'encadrement de l'agriculture au seul conseil, prendre des normes (SRI, SRA) et des produits variétaux pour des conseils avisés alors que le seul conseil technique possible est un conseil personnalisé et éclairé en amont par des connaissances sur les techniques et sur leurs conditions d'application, exigeant un minimum d' " humilité ".

Chapitre 20

Stratégies spatiales des paysans en réponse à la conservation des forêts

Toillier A.

Résumé : Les études réalisées sur la mise en œuvre et l'efficacité des dispositifs de gestion communautaire des forêts s'intéressent essentiellement à la " communauté ", au système de gouvernance ou aux diverses formes de participation qui évoluent au sein de ces dispositifs. Dans ce chapitre nous nous intéresserons aux changements dans les modes de vie des paysans qui résultent de façon intentionnelle ou non de la mise en place d'un dispositif de Gestion Contractualisée des Forêts (GCF). L'objectif est de démontrer comment une analyse centrée sur les stratégies individuelles d'utilisation de l'espace et les capacités d'adaptation des ménages permet d'identifier certains facteurs pouvant menacer la pérennité de la GCF. Les résultats montrent que les configurations spatiales des exploitations sont sources d'inégalité entre les ménages face aux contraintes de la GCF. A un niveau local, la prise en compte, dès les premières étapes de la planification, des modes d'organisation des exploitations et de leurs stratégies possibles d'adaptation dans les plans d'aménagement permettrait d'évoluer vers une gestion plus efficace et plus durable de la conservation et du développement.

Mots-clés : gestion contractualisée des forêts, conservation, ménages, stratégie spatiale, adaptation, développement rural, paysan

Introduction

Dans les années 1980 le modèle des parcs nationaux pour la protection des forêts tropicales a été remis en question. Une gestion par l'exclusion a souvent mené à des conflits et revendications contradictoires entre les populations locales et les gestionnaires (Rodary *et al.*, 2003). Sachant que près de 85% des aires protégées sont habités et de plus par des populations qui font partie des plus pauvres du monde (Colchester, 2000), ces dernières ont alors commencé à être considérées comme des éléments clés pour une gestion conjointe du développement et de la conservation. Les modalités de cette implication ne furent précisées que dans les années 1990 avec le développement des politiques de gestion communautaire des forêts mises en œuvre à l'échelle des territoires villageois.

A Madagascar cette politique a vu le jour dans un contexte général de décentralisation, de reconnaissance des capacités de gestion des collectivités locales et de nécessité pour l'Etat de déléguer l'autorité et la responsabilité de gestion des ressources (Montagne & Ramamonjisoa, 2006). La loi GELOSE⁵⁸ promulguée en 1996 institutionnalise le transfert de gestion aux communautés locales et a été suivie en 2001 par un décret relatif à la gestion contractualisée des forêts de l'Etat (GCF⁵⁹) qui est spécifique aux ressources forestières. Les plans d'aménagement forestier dans les territoires villageois consistent à séparer géographiquement un " espace vital villageois " strictement voué à l'habitat, à la chasse de subsistance, à l'agriculture ou aux " droits d'usage " légaux, et un espace exclusif consacré à l'exploitation forestière ou à la conservation " intégrale ". Dans ce contexte, on demande à présent aux paysans d'envisager toute perspective de développement dans les limites de ce territoire en limitant l'extension des terres agricoles et en adoptant des pratiques compatibles avec la conservation des forêts.

⁵⁸ La loi GELOSE 96-025 du 30-09-96 est relative à la Gestion Locale Sécurisée des ressources naturelles renouvelables (RNR), en prenant compte de l'élément forêt, avec son décret d'application n 2000-27 du 13-01-00 relatif aux communautés de base chargées de la gestion locale des RNR.

⁵⁹ La loi 97-017 du 08-08-97 porte révision de la législation forestière avec son décret d'application n 2001-122 du 14-02-01 fixant les conditions de mise en œuvre de la Gestion Contractualisée des Forêts de l'Etat (GCF).

La majorité des études portant sur la mise en œuvre et l'efficacité des dispositifs de gestion communautaire s'intéressent essentiellement à la "communauté" (Agrawal & Gibson, 1999), aux institutions de gestion et au système de gouvernance (Muttenter, 2001 ; Leach *et al.*, 1999) et aux diverses formes de participation et structuration des pouvoirs (Peters, 1997 ; Michener, 1998) qui évoluent au sein de ces dispositifs. Dans ce chapitre nous nous intéresserons aux changements fondamentaux dans les modes de vie des paysans qui résultent de façon intentionnelle ou non de la mise en place d'un tel dispositif, et qui peuvent remettre en cause la pérennité même du dispositif. Dans un contexte de croissance démographique, de crise morale (déclin des pouvoirs traditionnels) et économique, les populations forestières et leurs pratiques agricoles et forestières sont de plus en plus hétérogènes (Brady, 1996). Ainsi des systèmes de production plus ou moins dépendants des ressources forestières co-existent au sein des territoires villageois. Les droits d'accès aux ressources régis par des règles sociales créent également des différences d'opportunités de choix d'activités entre les ménages. En conséquence une diversité de stratégies est déployée pour s'adapter aux risques et à l'incertitude (Ellis, 2000). La question qui se pose alors dans le contexte des GCF est la suivante : en face d'une contrainte de zonage de conservation et d'interdictions liées à l'utilisation de ressources forestières, certains ménages sont-ils plus avantagés que d'autres pour s'adapter et maintenir leur niveau de vie ? Dans quels domaines cet avantage s'exprime-t-il ? Des changements paysagers observés au sein des territoires villageois quelques années après la mise en place des GCF nous font penser que les paysans peuvent changer leurs modes d'utilisation de l'espace pour s'adapter aux contraintes de la GCF.

A partir d'un cas d'étude dans un territoire villageois betsileo en lisière ouest du couloir RA, on a donc cherché à analyser les stratégies d'utilisation de l'espace en réponse à la GCF. L'objectif de ce chapitre est de démontrer comment cette analyse centrée sur les modes d'utilisation de l'espace par les ménages et leurs capacités d'adaptation permet d'identifier certains facteurs pouvant menacer la pérennité des GCF.

Contexte de la zone d'étude

Mode de vie et territoires d'activité des Betsileo en lisière du corridor de Fianarantsoa

Le paysage du côté nord-ouest du couloir RA est constitué de collines aux pentes fortes (20% et plus) entrecoupées de bas fonds relativement larges aménagés en rizières irriguées. Les villages betsileo sont installés jusqu'en lisière de la forêt voire même pour certains dans la forêt. Ces noyaux de peuplement, au cœur de la forêt, datent du début du 20^{ème} siècle, et sont en grande partie liés à d'anciennes activités coloniales (or, bois précieux, construction des voies de communication). Les défrichements ont essentiellement pour but la mise en place de terroirs agricoles pérennes autour de bas-fonds aménagés en rizière avec un habitat fixe (Moreau, 2002).

Le caractère accusé du relief, l'hétérogénéité du milieu qui s'ensuit et l'association de l'agriculture et de l'élevage ont conduit les paysans betsileo à organiser spatialement leur production en jouant sur cinq facettes paysagères (Blanc-Pamard & Milleville, 1985) : les rizières de bas-fond ou *farihy*, les rizières de versant en terrasses ou *kipahy* (encore rares), les cultures vivrières de complément sont installées sur de petites parcelles sur banquettes de bas de pente ou *tambina*, les vergers associant arbres fruitiers, bananiers, canne à sucre localisés en aval des parcs à bœufs sont dénommés *vodivala*. Les sommets de colline ou *tamboho*, sont réservés au pâturage en période humide. Des bosquets d'eucalyptus marquent aussi sur les crêtes des limites de domaines fonciers familiaux (Blanc-Pamard et Ralaivita, 2004 ; Carrière & Randriambanona, 2007). En forêt, seuls les deux tiers inférieurs des versants sont généralement cultivés, en partie selon une ancienne réglementation imposée par le service des Eaux et Forêts pour limiter l'érosion.

La forêt a toujours été utilisée et fait partie des territoires d'activité (Dubois, 1938 ; Moreau, 2002). Les troupeaux de zébus sont laissés en liberté dans la forêt pour le pâturage, la reproduction et la protection vis-à-vis des voleurs (Moreau, 2002). Les produits forestiers exploités sont très diversifiés et peuvent être destinés à la vente ou aux besoins des ménages. Bien souvent ils constituent un revenu non négligeable lors de la période de soudure qui peut dépasser six mois. Il s'agit de produits non ligneux comme le miel, les écrevisses, les fruits, les plantes médicinales, des matières premières pour l'artisanat l'habillement, ou la construction des habitations (feuilles, bambous). Le bois est utilisé pour fabriquer des manches d'outils, des pilons, mortiers, clôtures, la charpente des cases, et pour le bois de chauffe (Peters, 1999).

Les problèmes posés par la mise en place de la GCF

La GCF consiste en un zonage à différents degrés de protection établi sur la base d'une contractualisation "négociée" entre l'administration forestière⁶⁰ et la communauté locale de base ou COBA⁶¹ qui est devenue la responsable de l'état de ces forêts et des fonds générés par leur utilisation (DIREF, 2002). La constitution du bureau de la COBA, le zonage, la signature du contrat, l'appui au développement dans les premières années sont réalisés par des organismes d'appui, principalement des ONG de conservation et des services décentralisés malgaches. Une autogestion des communautés doit être atteinte après 3 ans pour que les contrats soient renouvelés avant un transfert définitif de la gestion des forêts au bout de 10 ans.

Dans la commune d'Androy, la GCF d'Ambendrana de 1496 hectares a été mise en place en 2002 (Figure carnet central 27). La frange betsileo du corridor étant une zone de colonisation actuelle autour de bas-fonds avec l'installation de migrants et des descendants des villages riverains, les ONG qui ont mis en œuvre la GCF ont eu la plus grande difficulté à faire coïncider les zonages de la GCF avec un espace social, culturel et économique réel (Blanc-Pamard *et al.*, 2005). C'est pourquoi, par facilité, l'entité spatiale choisie pour mettre en œuvre la GCF a été la plus petite entité administrative, le *fokontany* (Figure carnet central 28). Mais de fait il n'est pas représenté par la COBA qui est constituée uniquement d'habitants de quelques villages et hameaux riverains de la forêt. Les règles de gestion qui en découlent constituent alors un compromis très imparfait et très difficile à mettre en œuvre. L'émergence de nouveaux conflits d'usage liés à ces plans d'aménagement qui ont été faits sans négociation avec l'ensemble des villageois du *fokontany* d'Iambara et l'absence de compensations immédiates ont remis en question la participation des populations locales au processus de co-gestion (Blanc-Pamard *et al.*, 2005). Cependant, il est indéniable que dans cette première phase de contractualisation, où les agents d'appui au développement mais aussi de surveillance étaient encore très présents, les défriches et feux de forêt ont largement diminué. Un zonage de massifs forestiers utilisés par l'ensemble des 13 villages installés en savane et en forêt a été réalisé en 2002 (Figure carnet central 27). La partie nord, englobant des hameaux déjà installés depuis longtemps correspond à une zone de conservation stricte ; la partie sud correspond à une zone de droits d'usage. Dans ces deux zones, toute défriche de forêt est interdite hormis dans une limite de 25 mètres autour de bas-fonds aménagés en rizières. L'extraction de produit forestiers à des fins commerciales est interdite et seule une zone de production de 45 Ha, dont la localisation change tous les 3 ans après inventaire forestier au sein de la zone de droits d'usage, a été délimitée. Les feux de brousse annuels individuels pour l'entretien des pâturages sont également interdits. L'installation de pare-feux pour le brûlis de jachères est obligatoire.

⁶⁰ L'administration forestière représentant l'Etat nomme un responsable (agent forestier) pour la GCF ; il est désigné par une note de service de la DIREF concernée.

⁶¹ La COBA est " un groupement volontaire d'individu unis par les mêmes intérêts et obéissant à des règles de vie commune " (décret 2000-027). Elle regroupe selon le cas les habitants d'un hameau, d'un village ou d'un groupé de villages. Elle est dotée de la personnalité morale.

Les questions qui se posent sont alors les suivantes : 1) Quelles sont les différentes contraintes issues de la GCF pour les ménages installés en savane ou en forêt et comment s'y sont-ils adaptés ? 2) Combien de temps les efforts de conservation des ménages vont-ils durer ?

Une approche centrée sur la dynamique spatiale des exploitations agricoles

La compréhension des mécanismes d'adaptation des stratégies familiales face aux changements de l'environnement économique, écologique et social constitue une base fondamentale pour mener une réflexion sur le développement durable ; et particulièrement en matière de mobilisation et d'affectations des différentes ressources naturelles (Génin *et al.*, 2004). Les stratégies des ménages sont des processus continus d'optimisation de conditions sociales, économiques et environnementales pour répondre à leurs objectifs ; leur analyse est d'autant plus complexe dans une zone de conquête agricole où le milieu change et le projet des exploitants est de construire et faire évoluer leur système d'exploitation (Albaladejo & Duvernoy, 2000). Le fonctionnement des exploitations agricoles a une expression spatiale qui marque cette dynamique d'évolution. Notre démarche est basée sur la correspondance entre l'organisation spatiale des exploitations et leurs modes de fonctionnement à deux niveaux d'organisation, l'exploitation agricole et le système agraire local (Bonin & Lardon, 2002).

Dans le cadre de notre recherche, une " exploitation " est gérée par un ménage qui est constitué de membres d'une même famille qui mangent ensemble, cultivent leurs champs conjointement et entreposent leurs récoltes dans le même grenier. Le territoire de l'exploitation est décrit comme un ensemble de champs, surfaces d'un seul tenant qui constituent une unité de gestion. L'organisation spatiale d'une exploitation correspond à la structure et à l'utilisation du territoire de l'exploitation. La structure est décrite par la localisation des champs dans le territoire et la nature de la facette paysagère qu'ils occupent, leur superficie, leur distance aux lieux d'habitation. Leur utilisation correspond à un ensemble de pratiques agricoles conduites chaque année et un type d'occupation du sol.

Pour analyser les changements d'organisation suite à la mise en place de la GCF, la démarche proposée est constituée de trois étapes: 1) l'identification de sous-zones agro-écologiques homogènes, dans le territoire du *fokontany* d'Iambara, où les options d'usage du sol sont les mêmes pour l'ensemble des ménages et qui définissent donc en partie les modes d'organisation spatiale des exploitations (Deffontaines & Thinon, 2001), 2) des enquêtes en exploitations, échantillonnées au sein de ces sous-zones 3) une modélisation graphique à l'aide de chorèmes⁶² pour représenter les dynamiques d'utilisation de l'espace (Albaladejo & Lardon, 1990).

Les sous-zones ont été identifiées par reconnaissances de terrain et analyse spatiale de cartes⁶³ intégrées dans un Système d'Information Géographique (SIG). Ont été extraits : i) une représentation des caractéristiques du milieu qui conditionnent les installations agricoles (réseau hydrographique, relief), ii) la localisation des zones de culture légales (périmètres de culture accordés par les Eaux et Forêts, limites du parc national de Ranomafana), iii) la localisation des villages, des pistes, iv) l'évolution des principaux types d'occupation du sol (reboisements de pins, forêt, savane et rizières). Un échantillon de 32 exploitations réparties au sein de ces sous-zones a été défini. Les enquêtes sont constituées de 3 parties : une première partie basée sur des questions fermées pour caractériser le ménage, ses systèmes de production et d'activités, ses objectifs de production et de reproduction. La seconde partie est focalisée sur la structure actuelle du territoire d'exploitation, les étapes de sa

⁶² Un chorème est une représentation schématique d'un espace choisi visant à représenter toute la complexité du territoire à l'aide de formes géométriques (Brunet, 1980).

⁶³ Cartes topographiques FTM 1976, photographies aériennes (1957 et 1991, FTM) et de l'image SPOT5 2004 à 10 mètres de résolution (copyright CNES-ISIS).

constitution et de son utilisation, et les raisons de chaque changement évoqués. Une cartographie du territoire est réalisée à l'aide d'un GPS⁶⁴. La dernière partie est un entretien ouvert sur les perceptions du ménage des avantages et inconvénients de la GCF et des impacts sur leurs activités et mode de vie. La démarche utilisée pour analyser les changements de mode d'organisation de l'espace à la suite de la GCF est à la fois inductive et déductive (Bonin & Lardon, 2002). Tout d'abord le territoire de l'exploitation est représenté avant GCF à l'aide des données d'enquêtes et de leur spatialisation dans le SIG. Des structures spatiales élémentaires récurrentes sont identifiées et permettent de réaliser une typologie des territoires d'exploitation. Chaque type est représenté par un modèle graphique. Pour chaque type est identifié ensuite l'ensemble des stratégies d'utilisation de l'espace mises en oeuvre après la GCF pour s'adapter aux contraintes du dispositif. Des modèles graphiques des modes d'organisation de l'espace post-GCF sont alors dessinés. Les représentations spatiales permettent une meilleure compréhension des interactions entre les zonages de la GCF et les dynamiques des activités agricoles.

Résultats

Zones agro-écologiques et modes d'organisation des exploitations

A partir de la carte d'occupation du sol réalisée (Figure carnet central 28) trois zones agro-écologiques homogènes ont été identifiées (Figure carnet central 29). On distingue la zone de savane (zone 1) qui correspond aux " vieux " terroirs où les villages sont installés depuis plus d'un siècle près de grands bas-fonds aménagés en rizières (Planche photographique 5a). La riziculture est associée à l'élevage de zébus. Les versants sont utilisés pour les cultures pluviales (manioc; patate douce, taro, pois de terre, arachide) cultivées en association et en alternance parfois au cours de nombreux cycles successifs avec de très courtes périodes de mise en jachère. L'apport de fumier est souvent nécessaire. Le sommet des collines est réservé aux pâturages ou aux plantations d'eucalyptus à usage privé. De grandes superficies ont été récupérées par l'Etat dans les années 70 pour la plantation de pins et par des usines de tanins pour la plantation d'Acacias dans les années 40.

Une seconde zone est localisée dans la lisière forestière et correspond aux périmètres de culture accordés par le service des Eaux et Forêts dans les années 70 et 90 en contrepartie des terres boisées en pins. Il s'agit de têtes de vallons entièrement couvertes de forêts naturelles qui ont été divisées équitablement entre les habitants demandeurs de terres. Les cultures de maïs et de haricots y sont pratiquées en alternance avec des jachères longues et dans certains cas une pérennisation de l'occupation agricole avec plantation de bananiers et de canne à sucre pour la fabrication de rhum local (Planche photographique 5b).

Enfin la troisième zone correspond à la forêt du corridor, où les bas-fonds sont peu nombreux, étroits et tourbeux donc difficiles à aménager pour la riziculture. Ce domaine forestier appartient à l'Etat et toute installation y était illicite avant le transfert de gestion. Sous la pression démographique croissante des quinze dernières années du fait d'inégalités d'accès aux terres en savane, (chap 5), de nombreux ménages y avaient malgré tout aménagé des rizières (Planche photographique 5c). Des ménages provenant de villages anciennement installés en forêt aménagent également les bas-fonds et pratiquent une agriculture itinérante sur brûlis sur les versants (Planche photographique 5d).

⁶⁴ Global Positionning System

Typologie des modes d'organisation spatiale des exploitations

Les modes d'organisation spatiale des exploitations ont été décrits en fonction de la répartition des champs entre les 3 zones et de leur utilisation. Les traits de structure élémentaires pour représenter les modes d'organisation des exploitations sont les cases d'habitation principale et secondaire, les parcs à bœufs, l'usage des champs sur versant, thalwegs dans les têtes de vallon et bas-fonds. Pour les champs sur versants on distingue les cultures pérennes des cultures annuelles, et pour les jachères on distingue les jachères ligneuses qui après un certain stade peuvent potentiellement être incluses dans la GCF, des jachères herbacées dont le retour à un état forestier est impossible et qui marquent un épuisement du sol. Trois types d'organisation spatiale ont été identifiés et représentés par des chorèmes (Figure carnet central 29a).

Le type A est composé d'exploitations installées en savane dans les années 70 et 80, en phase de maturité ou en retraite, qui disposent de plusieurs rizières et de réserves foncières dans les périmètres de culture. La vente de produits forestiers (manches d'outils, écrevisses, paniers en bambous) ou la pratique de défriches isolées en forêt pour cultiver du haricot leur permettaient de compléter les manques de production en particulier lors de la période de soudure. Leur mode d'organisation spatial est qualifié de " éclaté en savane ".

Le type B est composé d'exploitations qui partagent leur résidence entre la savane (zone 1) et la forêt (zone 3) où ils ont récemment aménagé des rizières. Ce sont des ménages en phase d'installation. Ils développent des cultures de rente peu exigeantes en main d'oeuvre (canne à sucre) en bordure de rizières en forêt pour compléter leurs revenus. C'est une organisation spatiale " divisée ".

Enfin le type C correspond aux exploitations installées dans la forêt et organisées autour d'un ou plusieurs bas-fonds (zone 3). On distingue 3 sous-groupes correspondant à des variantes de ce mode d'organisation qui sont fonction des caractéristiques du ménage. Pour le sous-type 1 qui correspond à une organisation " groupée " autour d'un seul bas-fond, il s'agit soit de jeunes migrants sans terres en savane, soit de retraités qui ont cédé leurs terres en savane à leurs descendants afin que les jeunes restent au village. Ils pratiquaient une agriculture itinérante sur défriche-brûlis et pour les jeunes le salariat est la principale source de revenu. Pour les sous-types 2 et 3 il s'agit de ménages en phase de maturité mais issus des villages installés en forêt. Le sous-type 2 " en blocs " correspond à une organisation autour de plusieurs bas-fonds et le sous-type 3 " dispersé " possède en plus des champs sur versants acquis dans les périmètres de cultures (zone 2). Dans ces deux cas il s'agit d'une mise en valeur très extensive du milieu accompagnée d'un accaparement foncier pour des ménages à statut social élevé.

Stratégies spatiales en réponse à la GCF

Les ménages se sont plaints majoritairement *a posteriori* de ne pas avoir pu négocier davantage leurs droits, en particulier ceux de vente de produits forestiers. Elle représentait près d'un tiers des revenus pour ceux qui la pratiquait. De plus, de nombreux champs en jachère dans la zone 2 présentant un aspect forestier l'année de mise en place du dispositif ont été inclus dans la zone de protection. Ces mesures vécues comme des " contraintes " ont créé des inégalités selon les types d'organisation des territoires d'exploitation.

A chaque mode d'organisation a correspondu un ensemble de stratégies spatiales en réponse à ces contraintes présentées dans le Tableau 60. Les chorèmes ont été reconstruits pour chaque type en fonction des principales dynamiques de réorganisation des activités (Figure carnet central 29b).

Tableau 60. Stratégies spatiales en réponse à la GCF

Stratégies spatiales	Mode d'organisation spatiale	Total d'exploitations	Dispersé en savane (A)	Divisé (B)	Dispersé en forêt (C3)	Blocs (C2)	Groupé (C1)
	Pourcentages d'exploitations (Nombre)	100% (32)	19% (6)	47% (15)	9% (3)	16% (5)	9% (3)
<i>Augmentation de la fréquence de culture</i>							
	Augmentation du taux de terres cultivées chaque année sans défricher de nouvelles terres	50% (16)	50% (3)	60% (9)	100% (3)	20% (1)	0
<i>Retour sur les terres de savane</i>							
	Mise en culture des plantations de pins et des prairies avec labour. Elargissement des rizières existantes ou création de terrasses (kipahy).	16% (5)	67% (4)	7% (1)	0	0	0
<i>Expansion de la riziculture en forêt</i>							
	Aménagements légaux de bas-fonds en forêt	25% (8)	17% (1)	20% (3)	33% (1)	60% (3)	0
<i>Fausse expansion des rizières</i>							
	Achat, emprunt ou location de rizières. Intensification de la production	16% (5)	33% (2)	20% (3)	0	0	0
<i>Expansion en forêt</i>							
	Mises en culture illégales de friches arborées. Défriche au-delà de la limite des 25 mètres	6% (4)	33% (2)	13% (2)	0	0	0
<i>Aucun changement</i>							
		25% (8)	0	27% (4)	33% (1)	0	67% (2)
<i>Expansion des cultures de rente</i>							
	Plantation de cannes à sucre	53% (17)	0	60% (9)	67% (2)	60% (3)	33% (1)

Pour le type A, la stratégie dominante a été une extension des champs de versant cultivés en savane, en particulier sur les plantations de pins et d'acacias actuellement abandonnées par leurs gestionnaires. Il s'agissait pour eux d'un retour légitime sur leurs terres. Cette extension s'est accompagnée d'une intensification des cultures avec labour, d'un raccourcissement des jachères, d'un aménagement de terrasses anti-érosives ainsi qu'un aménagement pérenne des jachères arborées dans la zone 2 avec plantations de cannes à sucre et aménagement de rizières en terrasses dans les thalwegs et têtes de vallon. La production illégale mais tolérée de rhum local a remplacé la vente des produits forestiers.

Pour le type B, les ménages ont profité de la règle de défriche de 25 mètres autour des bas-fonds pour aménager davantage de rizières en forêt (zone 3).

Enfin, les exploitations appartenant au type C ont mis en œuvre plusieurs stratégies en réponse à l'interdiction de défriche : les jeunes ayant de petites exploitations " groupée " (sous-type 1) ont augmenté leur période de salariat et ont vu leurs rations alimentaires diminuer. Les retraités, encore en lien avec les habitants des villages de savane qui disposent de matériel, ont pu planter de la canne à sucre et produire du rhum. Les exploitations de type " dispersé " (sous-type 2) ou " en blocs " (sous-type 3) ont utilisé les temps morts du calendrier agricole pour aménager davantage leurs champs en jachère et passer à la culture de manioc et de patates douces.

Discussion

L'intérêt d'une approche spatiale des impacts de la GCF

Le choix du ménage comme unité d'organisation de base est discutable car on ne tient alors pas compte des rapports de pouvoir et des spécificités d'allocation des ressources au sein des lignages et des villages. La connaissance des lignages et de leur histoire permet de comprendre les enjeux fonciers au sein des territoires villageois. Par exemple dans les zones frontalières entre deux villages, zones d'enjeux aux maîtrises foncières floues, on retrouve majoritairement des migrants avec de petites exploitations. C'est le cas des ménages installés en forêt dans la partie la plus orientale du *fokontany* d'Iambara, correspondant au type C1. Les stratégies foncières les plus marquées reviennent aux chefs de lignage, donc généralement âgés, qui procèdent à des accaparements fonciers pour constituer un domaine foncier à laisser en héritage à leur descendance (type B). Mais au sein d'un lignage, la capacité d'adaptation des ménages aux contraintes de la conservation est variable. Elle s'explique par leurs caractéristiques, liées notamment à la phase du cycle familial dans laquelle il se trouve au moment de la mise en œuvre de la GCF et par les caractéristiques du territoire de l'exploitation. La combinaison de ces deux aspects semble essentielle puisque certains ménages aux caractéristiques socio-économiques équivalentes mais avec des territoires d'exploitation différents ne se sont pas adaptés de la même façon aux contraintes de la GCF.

L'échantillonnage et la classification des ménages selon une approche spatiale de leur exploitation ont donc permis d'identifier une diversité de stratégies d'adaptation. Ainsi contrairement au présupposé habituel du modèle participatif, l'unité de base pour une gestion durable de la conservation et du développement pourrait être des groupes de ménages dans une même situation de vulnérabilité⁶⁵ face aux contraintes de la conservation, et non pas le village ou le lignage (Pierre, 2006). Et l'identification de leur vulnérabilité pourrait se faire en partie grâce à une approche spatiale, qui permet de cibler plus facilement les types de ménages.

Actuellement les évaluations des transferts de gestion se basent essentiellement sur des critères écologiques (Resolve, 2005) ou socio-économiques selon des indicateurs globaux (Herimandimby & Méral, à paraître). Des recherches sont en cours pour mettre au point une méthode de suivi-évaluation des transferts de gestion qui puisse prendre en compte à la fois les aspects sociaux, économiques et écologiques de façon intégrée. C'est un problème fréquemment rencontré dans les phases d'évaluation de programmes intégrés de conservation et développement (Greene *et al.*, 2001). Les ONG de conservation, qui ont repris à leur compte la mise en œuvre de ces programmes, n'ont pas les compétences pour mener des études en sciences sociales et manquent d'informations sur les processus reliant les dynamiques de développement et les conditions d'une conservation durable. Nos résultats montrent que les approches spatiales constituent un point d'entrée pertinent dans l'étude des relations entre agriculture et enjeux environnementaux (Benoit *et al.*, 2005) et mériteraient d'être renforcées dans les démarches de suivi-évaluation des dispositifs de conservation.

Des capacités limitées d'adaptation

Des changements importants d'utilisation de l'espace se sont opérés mais ont essentiellement consisté en un arrangement de stratégies existantes. Il existe déjà dans certains cas une évolution vers des

⁶⁵ Généralement définie comme la probabilité de voir son niveau de bien-être se dégrader à la suite d'un choc, la vulnérabilité rend compte des pressions extérieures auxquelles les individus sont soumis (Gondard-Delcroix & Rousseau, 2004)

systèmes de production moins consommateurs d'espace, avec le développement de cultures de rente et de pratiques plus intensives. Mais les exploitations qui en ont les moyens ne sont localisées que dans certaines zones du territoire (zones proches d'axes de communication ou des zones d'habitation) et sont à un stade de leur cycle familial qui leur permet de disposer de beaucoup de main d'œuvre. Les changements observés ont tous été conduits dans la logique du système de production de l'exploitation et non pas dans la logique de conservation. Par exemple plusieurs exploitations ont continué à vendre illégalement des manches de bûches les premières années qui ont suivi la mise en place de la GCF afin de financer la réorientation de leur système de production, qui a nécessité par exemple l'emploi de main d'œuvre pour aménager de nouveaux bas-fonds ou l'investissement dans le petit élevage (volaille, porcs). Ils ont ensuite pu arrêter leur pratique de fabrication de manches à des fins commerciales.

Les ménages installés en forêt font partie des plus sensibles vis-à-vis des règles de la GCF dans la mesure où l'enclavement constitue un obstacle majeur à la diversification des productions agricoles et à l'accès aux marchés. De même le manque de communication sur les règles de la GCF et les pratiques encore autorisées a aussi beaucoup contribué à des incompréhensions et des craintes les poussant à migrer ou chercher du travail ailleurs. Un paysan a dit au cours d'une enquête " *Peut-être qu'un jour on n'aura plus le droit de cultiver du manioc* ", ce qui exprime son incompréhension des logiques de conservation et des mesures associées. Il faut noter que la multiplicité des plans d'aménagement forestier et agricole qui se succèdent depuis près d'un siècle (confiscation de terres pour planter du pin, attribution de périmètres de culture en forêt puis à nouveau interdiction de culture en forêt) n'encourage pas les paysans à prendre en compte systématiquement les nouvelles logiques et mesures imposées.

Vers une gestion adaptative des forêts

Pour assurer la pérennité des GCF, il est nécessaire de prendre en compte l'inadéquation entre le pas de temps de leur mise en place (quasi-immédiat) et le pas de temps d'adaptation des ménages, beaucoup plus long. L'enjeu consiste à identifier les différentes stratégies, ainsi que leur temps de mise en œuvre, qui permettent aux paysans de passer à des activités compatibles avec la conservation tout en assurant leur survie voire leur développement. Ce sont ces stratégies que les paysans maîtrisent déjà que les efforts d'accompagnement et d'appui au développement des ONG doivent viser. Dans nos enquêtes réalisées près de 4 ans après la mise en place de la GCF, plusieurs types de ménages qui n'ont pu s'adapter ont été identifiés. Soit ils se sont appauvris soit ils enfreignent les règles et ne voient pas d'issue favorable à leur situation. Ceux qui respectent les règles sont ceux qui ont pu adapter leur système de production sans coût excessif car ils disposaient déjà d'une certaine marge de manœuvre mais qui va se réduire avec le temps (augmentation du nombre d'enfants accompagnée d'une réduction des terres disponibles). Une évaluation globale, " collective " ou " institutionnelle " de la GCF après 3 ans ne peut identifier cette disparité au sein des ménages ni les blocages à venir. Si les objectifs de conservation sont atteints à court terme, la pérennité du dispositif n'est pas assurée car les ménages les plus sensibles ne supporteront pas longtemps de telles contraintes sans alternatives efficaces. La GCF pourraient donc évoluer vers une gestion plus adaptative avec des règles pondérées en fonction des rythmes d'adaptation des ménages. Les différents types de modes d'organisation spatiale pourraient être la base d'un plan d'aménagement non pas des massifs forestiers uniquement mais de l'ensemble du territoire utilisé par les paysans. Il s'agirait d'encourager les modes d'organisation spatiale compatibles avec les zonages pour la conservation et donc de cibler les mesures d'accompagnement en fonction des ménages concernés.

Conclusion

L'approche spatiale par exploitation se révèle être un point d'entrée pertinent pour comprendre les changements de modes de vie et les inégalités que crée la GCF au sein des ménages d'un même village. Elle a provoqué la mise en oeuvre de nouvelles pratiques d'utilisation de l'espace qui peuvent freiner, indirectement et provisoirement, la dégradation et la disparition des forêts. De nouvelles ressources du territoire ont été explorées et de nouvelles organisations spatiales compatibles avec les zonages de la GCF ont pu être réalisées. Mais les options d'utilisation de l'espace restent limitées étant donné les faibles marges de manoeuvre dont disposent beaucoup de ménages dans leur système de production. De plus la durabilité des nouvelles pratiques observées est loin d'être acquise.

L'application de politiques de gestion communautaire des forêts reste un débat d'actualité et les liens entre conservation et développement sont encore à démontrer. Des progrès doivent être faits dans ce domaine. Dans ce sens l'aménagement du territoire pourrait être posé comme une nouvelle façon d'aborder cet antagonisme et de dépasser l'aménagement sectoriel forestier qui maintes fois a montré son inadéquation avec les modes de vie des populations riveraines. A un niveau local, la prise en compte, dès les premières étapes de la planification, des modes d'organisation des exploitations et de leurs stratégies possibles d'adaptation dans les plans d'aménagement de la GCF permettrait d'évoluer vers une gestion plus efficace et plus durable de la conservation et du développement.

Chapitre 21

Pour une recherche-action sur l'aménagement des territoires ruraux dans le cadre de la gestion contractualisée des forêts

Toillier A.

Résumé : Madagascar, comme beaucoup de pays d'Afrique, connaît des enjeux importants autour des modes de gestion et d'aménagement des territoires ruraux en périphérie des aires protégées. A la faveur d'objectifs de développement durable, le local est devenu une échelle de prise de décision et de gestion prépondérante. Cependant les premiers dispositifs de gestion contractualisée des forêts mis en place à l'échelle des territoires villageois restent essentiellement axés sur la conservation et l'aménagement des massifs forestiers. Le passage à une gestion intégrée de la conservation et du développement sur l'ensemble du territoire ne s'est toujours pas fait. On se propose dans ce chapitre de partir des dynamiques d'occupation de l'espace par les exploitations agricoles pour envisager des scénarios d'aménagement du territoire conciliant conservation et développement. Pour relier les logiques d'organisation aux deux niveaux, exploitation agricole et territoire, et leurs évolutions, la démarche proposée est basée sur l'utilisation conjointe de deux méthodes : des enquêtes en exploitations et la modélisation graphique. Les modèles obtenus constituent une base méthodologique de recherche-action pour accompagner le fonctionnement sur le long terme des contrats de transferts de gestion.

Mots-clés : gestion intégrée, recherche-action, territoire villageois, dynamiques des exploitations, changements, modélisation graphique, aménagement du territoire, pays betsileo

Introduction

A Madagascar, le passage à une gestion locale et participative des ressources naturelles, institutionnalisé en 1996 par la loi GELOSE, renoue avec les valeurs coutumières de la société malgache. Pendant près d'un siècle, l'Etat n'ayant pas eu les moyens de sa politique de protection répressive centrée sur des interventions d'agents de l'Etat, de nombreuses communautés locales ont continué à se référer à leurs pratiques et à leurs institutions locales traditionnelles en matière de gestion et d'utilisation des ressources (Bertrand *et al.*, à paraître) créant ainsi une situation de libre accès des forêts (Weber, 1995). C'est sur ces constats et pour réaffirmer la légitimité d'une gestion locale qu'il a été décidé de leur transférer dans un cadre juridique la gestion des ressources naturelles, en particulier des forêts (Montagne, 2004). Mais les contrats GELOSE se sont avérés être trop compliqués à appliquer, avec le recours à des médiateurs environnementaux, l'implication obligatoire de la commune et l'option de sécurisation foncière (Hagen *et al.*, 2000). Un décret plus simple a alors été instauré en 2001 : la Gestion Contractualisée des Forêts (GCF). La " simplicité " des procédures GCF devait permettre d'aller plus vite dans l'extension spatiale des contrats de transfert de gestion (Montagne, 2004), particulièrement dans un contexte où l'urgence de la conservation est devenue un enjeu politique (Carrière-Buchsenschutz, 2006). La pression croissante des ONG de conservation (Myers, 2000) a fait des GCF le principal outil de conservation des forêts en dehors des aires protégées. Après 6 années de leur mise en œuvre, les évaluations montrent que, dans de nombreux cas, ils ont participé à une diminution de la déforestation avec la réduction des feux de brousse, la maîtrise des pare-feux et l'organisation de prélèvements (Collas de Chatelperron, 2005 ; Resolve, 2005). Mais leur viabilité semble maintenant conditionnée par de nécessaires compensations aux populations locales pour poursuivre leurs efforts de conservation et qui sont pour l'instant majoritairement absentes. La

valorisation économique des ressources pour lutter contre la pauvreté fait partie des attendus des nouvelles politiques environnementales. Se pose alors à nouveau la question : comment passer *effectivement* d'une gestion par et pour la conservation à une gestion intégrée et durable de l'ensemble d'un territoire pour la conservation et le développement ? L'enjeu est de faire fonctionner les dispositifs de transfert de gestion sur le long terme en les réajustant selon les problèmes rencontrés pour atteindre le double objectif de conservation et de développement.

Les études préalables à la mise en œuvre des GCF font figure de premiers diagnostics de territoires. Ils ont permis dans une première étape d'inviter les communautés rurales à tracer les limites de leur territoire et de considérer leur histoire récente au regard des ressources forestières dont vivent la quasi-totalité des ménages. Mais les règles et les zonages de la GCF finalement imposés sur des critères techniques et écologiques ont contraint de nombreux ménages à modifier leurs modes d'utilisation de l'espace. En l'absence d'alternatives, si certains ont pu s'adapter, d'autres se sont considérablement appauvris. Ces résultats présentés dans le chapitre 20 nous amènent à penser que les dynamiques d'occupation de l'espace des exploitations agricoles et les capacités associées d'adaptation aux contraintes de la GCF peuvent servir de base à l'élaboration de scénarios d'aménagement du territoire pour concilier conservation et développement sur le long terme.

L'objectif de ce chapitre est de comprendre les modifications d'occupation de l'espace au niveau des exploitations en réponse aux mesures de conservation et les changements paysagers qui en ont découlé. Pour relier les logiques d'organisation aux deux niveaux, exploitation agricole et territoire, et leurs évolutions, la démarche proposée est basée sur l'utilisation conjointe de deux méthodes : des enquêtes en exploitations et la modélisation graphique. A partir du cas d'étude du *fokontany* d'Iambara en pays Betsileo, il s'agira de montrer l'apport et l'usage des représentations spatiales dans une démarche de recherche-action pour accompagner le fonctionnement sur le long terme des contrats de transferts de gestion.

Méthode

Pour identifier les rapports entre pratiques agricoles et transformations du territoire, un ensemble de concepts et de méthodes couplant les outils de l'agronomie et de la géographie a déjà été élaboré (Benoît *et al.*, 2006). L'organisation des territoires est identifiée à partir de différentes sources : photographies aériennes, images satellites, zonages à dire d'acteurs et est représentée par différentes méthodes : Système d'Information géographique (SIG), modélisation graphique, découpage en unités spatiales homogènes, etc. En tant qu'unité spatiale de petite dimension gérée et contrôlée par une communauté villageoise, le territoire constitue une bonne échelle d'investigation pour une connaissance approfondie des systèmes de production et des modes d'organisation des exploitations (Couty, 1992). Ces deux échelles ne sont pas sans liens. La structure spatiale des exploitations est étroitement liée à la répartition des facettes paysagères au sein du territoire (Blanc-Pamard, 1986) et les exploitations ne sont pas indépendantes dans l'espace les unes des autres. Elles forment des réseaux d'échanges et des collectifs de travail au sein de structures familiales et de voisinage (Blanc-Pamard *et al.*, 2005).

La modélisation de l'organisation spatiale des activités agricoles a été faite au moyen d'une caractérisation de la répartition de différents objets géographiques de la production agricole comme les parcelles, les blocs de parcelles, les territoires d'activité, les cours d'eau, les villages et les habitations.

Ces éléments ont été localisés au sein des sous-zones d'usage homogène du sol identifiées lors d'une précédente étude (Figure carnet central 28 et Figure carnet central 29). Ce partage de l'espace est fondé sur la notion d'unité agro-physionomique construite à partir de l'observation dans l'espace de

zones d'égal apparence (Deffontaines & Thion, 2001). A cette notion ont été ajoutés les types de droits d'usage en vigueur afin de définir des zones d'usage homogène du sol.

Pour connaître les principales dynamiques d'occupation de l'espace avant la mise en œuvre de la GCF, nous nous sommes appuyés sur des études monographiques réalisées dans des villages betsileo de lisière du corridor (Moreau, 2002 ; Blanc-Pamard *et al.*, 2005) et sur les discours des anciens des différents villages du *fokontany* de lambara. Puis au sein des sous-zones d'usage homogène ont été identifiées les principales pratiques agricoles et d'aménagement du milieu mises en œuvre par les paysans en réponse aux contraintes des mesures de conservation et du zonage de la GCF. Les enquêtes ont été menées auprès d'un échantillon de 32 exploitations en 2006, soit 4 ans après la mise en place de la GCF. L'objectif n'étant pas de modéliser précisément les dynamiques écologiques, nous avons explicité, à partir du pourcentage d'exploitations conduisant telle ou telle pratique, les grandes tendances d'évolution paysagère observées dans chaque sous-zone.

Résultats

Organisation des activités agricoles avant la GCF

L'organisation des activités agricoles qui préfigurait à la mise en place de la GCF est représentée par la Figure carnet central 30a.

Dans les systèmes de production des habitants des villages riverains de la forêt (zone 1), la forêt a une place marginale. Le cœur social, démographique et économique est situé au niveau des villages, installés près des rizières de fond de vallée. C'est à partir de ce cœur que s'organisent les activités en forêt : collecte de produits lors de la période de soudure (écrevisses, bambous pour la vannerie, bois d'oeuvre) et défriches pour créer des champs d'appoint, le plus souvent de maïs et de haricots. Les systèmes de production sont basés sur l'association riziculture-élevage localisée en savane et sur une diversité d'activités de rente (petit élevage, fabrication de rhum local, menuiserie, artisanat, surplus agricoles). L'organisation des activités agricoles des villages peut être représentée selon un modèle centre-périphérie, le centre étant le terroir villageois et la périphérie étant la forêt. Certains jeunes ont commencé à aménager de nouvelles rizières en forêt, puisque les bas-fonds sont saturés en savane ou chers à acheter. Mais leur lieu de résidence principale reste le village.

La zone de "lisière" (zone 2) correspond à une zone de périmètres de culture octroyés aux habitants de villages en savane, sur des zones forestières, par le Service des Eaux et Forêts en 1974, 1991 et 1993. Une extension des terroirs villageois de savane s'est donc opérée avec annexion pour chaque village de différents lieux-dits. Ces lieux-dits sont en général un ensemble de bas-fonds délimités par des cours d'eau, des crêtes et des lieux sacrés. L'annexion s'est faite selon l'histoire d'occupation de l'espace par les membres des différents lignages présents dans chaque village.

Le mode d'organisation des villages en forêt (zone 3) est différent car les systèmes de production et d'activité sont moins diversifiés. L'agriculture itinérante sur défriche-brûlis est prépondérante et s'organise autour des bas-fonds. La croissance démographique oblige à une conquête permanente de nouvelles terres. La progression des habitats est donc rapide et se fait le long des bas-fonds, donc du réseau hydrographique. La solidarité entre famille est importante pour les travaux de défriche et d'aménagement des bas-fonds.

Pour les différents villages, le réseau hydrographique est donc un élément structurant de l'organisation spatiale des activités. Il guide à la fois la répartition des activités traditionnelles en forêt (chasse, pêche, collecte de bois) et la colonisation des bas-fonds. Les différents lignages se sont répartis l'espace en le découpant par vallée et selon des modes de maîtrises foncières coutumières.

Réorganisation des activités après la GCF

Les nouvelles pratiques agricoles et d'aménagement du milieu en réponse à la GCF se sont traduites par des extensions ou rétractions de l'espace cultivé, ou encore une stabilité avec des changements de types de culture et/ou de répartition spatiale des cultures et des activités.

Les extensions sont dues à l'aménagement des bas-fonds en rizière et à la mise en culture de terres forestières ou de prairies. Des changements dans la hiérarchie des cultures, l'intensification ou l'augmentation du taux de terres cultivées chaque année sont considérés comme une stabilisation de l'aire cultivée. La diminution de l'aire cultivée coïncide avec l'abandon des jachères herbacées devenues impropres à la culture par manque de fertilité ou l'abandon de jachères arborées suite à leur insertion dans le zonage de conservation de la GCF. La répartition de ces dynamiques parmi les sous-zones est donnée dans le Tableau 61.

Tableau 61. Changement d'usage du sol au niveau du territoire : stabilité, augmentation, ou diminution de la surface cultivée dans chaque zone, en % du nombre d'exploitations possédant des terres dans la zone considérée

Sous-zone d'usage homogène du sol	" Savane " (zone 1)	" Lisière " (zone 2)	" Forêt " (zone 3)
Nb. d'exploitations possédant des terres	21	29	27
Extension de l'aire cultivée-	19%	34%	44%
Dont sur :			
- Rizières et versants	- 0%	- 50%	- 100%
- versants	- 100%	- 50%	- 0%
Stabilité de l'aire cultivée	71%	48%	44%
Dont :			
- Augmentation du taux de terres cultivées chaque année	- 0%	- 29%	- 33%
- intensification	- 73%	- 0%	- 17%
- Augmentation des cultures de rente (canne à sucre)	- 0%	- 36%	- 33%
- Changements dans la hiérarchie des cultures	- 27%	- 29%	- 25%
- Pas de changements			
Diminution de l'aire cultivée :	10%	18%	11%
Total	100%	100%	100%

Paradoxalement les adaptations qui ont conduit à une extension de l'aire cultivée ont eu lieu dans la forêt (zone 3, 44%, Tableau 61). Ce sont les nombreux bas-fonds dispersés en forêt qui ont été aménagés en rizières, dont les superficies varient de 5 à 30 ares. Cet aménagement a été systématiquement accompagné de la défriche de la forêt dans les 25 mètres autorisés de part et d'autre du bas-fond. Généralement le paysan construit sa case à mi-pente afin de surveiller ses cultures mais surtout pour montrer l'appropriation des lieux (Planche photographique 5c). L'aménagement intensif de rizières suivant les cours d'eau d'aval en amont s'est accéléré. Autrefois les ménages partageaient leur résidence entre le village et la forêt. Aujourd'hui des habitats permanents le long des bas-fonds apparaissent. Ces nouveaux lieux d'habitation sont dispersés en forêt et isolés au milieu de petites clairières agricoles. Cette nouvelle configuration augmente les zones de contact entre forêt et agriculture, et aggrave les conditions de vie des ménages (déprédation aux champs et non maîtrise des techniques de piégeage). Ils souffrent également de nombreuses maladies liées au froid et à l'humidité qui prévalent en forêt.

Dans les zones 1 et 2, les principales stratégies d'adaptation à la GCF ont correspondu à une stabilité de l'aire cultivée, liée à une intensification pour les cultures vivrières dans la première zone et à la plantation de cultures de rente et pérennes (canne à sucre, bananes). Dans ces zones, des extensions sont observées dans quelques cas (19% en savane et 34% en lisière) et ont eu principalement lieu sur des zones boisées. Les plantations de pins ont été converties en champs de manioc. Les jachères arbustives en lisière ont presque toutes été coupées afin d'éviter leur inclusion dans le zonage de conservation qui peut se produire quand les arbres atteignent 30 centimètres de diamètre, limite au-dessus de laquelle les arbres ne doivent plus être coupés. Les paysages de la savane et de lisière apparaissent aujourd'hui moins densément boisés. La lisière forestière est plus nette suivant en fait les contours de la GCF. Auparavant la mosaïque de jachères de différents âges et de champs cultivés ne permettait pas de distinguer nettement la limite entre la forêt et les terroirs agricoles.

La diminution de l'espace cultivé s'est produite essentiellement en lisière et résulte de l'abandon de jachères herbacées au profit de la mise en valeur des terres en forêt récemment défrichées.

L'interdiction des feux annuels pour maintenir les pâturages a provoqué l'envahissement par des arbustes et buissons des prairies proches de la lisière forestière. D'après les paysans, tout feu accidentel durant une saison sèche risquerait de se propager rapidement et serait difficile à arrêter.

La Figure carnet central 30 b représente les principales dynamiques qui ont eu lieu après la mise en place de la GCF et le motif paysager qui en a découlé. Pour résumer, certaines dynamiques préexistantes ont été renforcées, comme l'accélération du " mitage " de la forêt, mais organisé le long des cours d'eau par aménagement des bas-fonds en rizières. De nouvelles dynamiques d'occupation de l'espace sont apparues avec une valorisation des terres de collines en savane par extension et intensification des cultures, un embroussaillage des pâturages et une diminution des jachères en lisière et en forêt remplacées par de l'agro-foresterie. Ces dynamiques ont abouti à une reconfiguration des zones de contact forêt-agriculture avec une évolution vers un paysage plus cultivé et moins riche en milieu ligneux, sauf sur les anciens pâturages.

Discussion

Les effets pervers de la GCF : de la nécessité de tenir compte de la gestion effective

Nos résultats interrogent la pertinence du zonage et des règles de la GCF qui ont finalement conduit à plusieurs effets pervers allant à l'encontre des objectifs de conservation.

L'autorisation de défriche autour des bas-fonds a encouragé les paysans à explorer les potentialités agricoles de la forêt et même à s'y installer. Cette exploration est d'autant plus fructueuse que le réseau hydrographique est dense et les petits bas-fonds nombreux. Les nouvelles installations autour des bas-fonds ont augmenté le mitage de la forêt.

Cette incitation à aménager des espaces agricoles en forêt s'est accompagnée de l'apparition d'un marché foncier et d'une accélération de la course à la terre qui s'était amorcée lorsque les bas-fonds en savane commençaient à être saturés (voir le chap. 5 de Serpantié *et al.*). Cette pression foncière est due à une confusion entre la demande d'autorisation de défriche dans la limite des 25 mètres au président de COBA et une sécurisation foncière⁶⁶. L'autorisation obtenue assortie du paiement d'une

⁶⁶ Le transfert de gestion a été présenté aux paysans comme une " sécurisation de leur territoire ", ce qui faisait partie des concepts fondateurs de la loi GELOSE et s'était traduit par une loi de Sécurisation Foncière Relative (SFR) qui devait accompagner les contrats GELOSE. Même si cette sécurisation n'a pas été mise en œuvre, beaucoup ont compris le transfert de gestion comme un transfert de propriété et les papiers délivrés comme autorisation de défriche ont rapidement été amalgamés à des titres fonciers, ce qui a déjà été observé dans d'autres situations (Leroy *et al.*, 1996)

taxe est apparentée à un titre foncier. Ainsi ceux qui avaient hérité de façon légitime de bas-fonds se sont empressés de légaliser leur situation. Comme l'ont montré S. Moreau (2005) et C. Blanc-Pamard (2005) la logique d'occupation de l'espace en forêt relève essentiellement du fonctionnement de systèmes lignagers et d'une logique patrimoniale héritée de l'histoire d'occupation par les ancêtres. Si, de tradition orale, l'ancêtre d'une famille avait un jour cultivé un champ ou mené ses troupeaux près d'un bas-fond, ou exploité une ressource, alors ce bas-fond et les versants " appartiennent " à ses descendants. Certains cherchant à profiter des autorisations de la COBA pour s'approprier les bas-fonds, de nombreux conflits sont apparus.

La possession de ce qu'ils considèrent être des titres fonciers a fait naître une spéculation foncière, qui, pour plusieurs familles, apparaît plus intéressante que la mise en œuvre des pratiques agricoles compatibles avec la conservation. Des bas-fonds sont ainsi vendus à des migrants qui cherchent à investir dans la riziculture. Le rôle de sécurisation du territoire par la GCF envers des migrants, qui ne se sentent pas concernés par la gestion durable des forêts environnantes, n'est donc pas rempli.

Enfin, un autre effet pervers du zonage proposé par la GCF est le renforcement de l'isolement et de la dispersion des habitations en forêt, le long des cours d'eau. Les mauvaises conditions sanitaires et climatiques encouragent les paysans à se rassembler et à créer de nouveaux noyaux de peuplement. Cette tendance pourrait accentuer la pression agricole sur la forêt, beaucoup souhaitant " voir les crêtes plus dégagées afin de réduire l'ombre sur les rizières et repousser les animaux sauvages ". Ils considèrent de plus que la GCF ne perdurera pas, étant donné les échecs passés des différentes lois de protection de la forêt. S'installer dans les bas-fonds en forêt est en fait une stratégie des lignages pour défricher davantage le jour où les règles et la surveillance se relâcheront.

Ces changements modifient profondément les rapports des paysans à la forêt et encourage, à moyen et long terme, la logique de colonisation agricole en légalisant l'installation de rizières en forêt. Paradoxalement les paysans ne sont pas impliqués dans la " gestion forestière " en tant que telle, mais sont encouragés à mettre en valeur leur milieu de façon pérenne. Ces effets pervers résultent d'une application locale de la GCF et ne sont pas généralisables à l'ensemble des GCF. Les règles dont le but était de conserver les forêts ont provoqué un ensemble de réactions et d'adaptations des paysans qui n'avaient pas été envisagé *a priori* et qui relèvent donc de la gestion dite *effective*. C'est cette gestion effective qu'il faut maintenant prendre en compte pour redéfinir certaines règles des GCF de façon à atteindre les objectifs visés : conserver la forêt et encourager des pratiques agro-sylvo-pastorales compatibles avec le maintien de l'écosystème forestier et de sa biodiversité.

Vers des scénarios d'aménagement du territoire

Les représentations spatiales utilisées permettent de visualiser et d'expliquer les changements paysagers observés. Ils rendent compte de la gestion effective et de la logique propre des exploitations. Les impacts inattendus de la GCF résultent du fait que les dynamiques agricoles et les facteurs d'aménagement du milieu n'ont pas été pris en compte lors de l'élaboration du plan d'aménagement. Dans une logique de zonage, les plans d'aménagement devraient donc faire référence aussi bien à la gestion forestière qu'à l'occupation agricole en incluant par exemple les dynamiques d'aménagement des rizières et la localisation des noyaux de peuplement.

L'idée est donc d'utiliser les modèles construits qui donnent une vision des évolutions sur l'ensemble du territoire villageois pour mieux discuter et négocier autour de scénarios d'aménagement avec les groupes de ménages identifiés comme ayant le même comportement face aux mesures de conservation (voir le chap. 20). Par exemple, nos résultats montrent que les zonages ont conduit à une imbrication d'espaces d'agriculture et de forêt qui ne favorise pas le développement et dont l'impact sur la biodiversité reste à étudier (Carrière *et al.*, 2005). Ainsi uniquement du point de vue de

l'agriculture, une recommandation serait d'autoriser peu de clairières agricoles mais de plus grande taille pour créer des conditions propices à l'élevage et à la riziculture et d'encourager les installations plutôt à proximité de pistes qui limitent l'enclavement et facilitent l'accès aux marchés ou aux écoles. Les bas-fonds de petite taille et enclavés pourraient être interdits à l'aménagement ce qui éviterait de surcroît un trop fort mitage de la forêt conduisant à terme à une fragmentation dommageable de l'écosystème.

L'utilisation des résultats pour la négociation et l'action

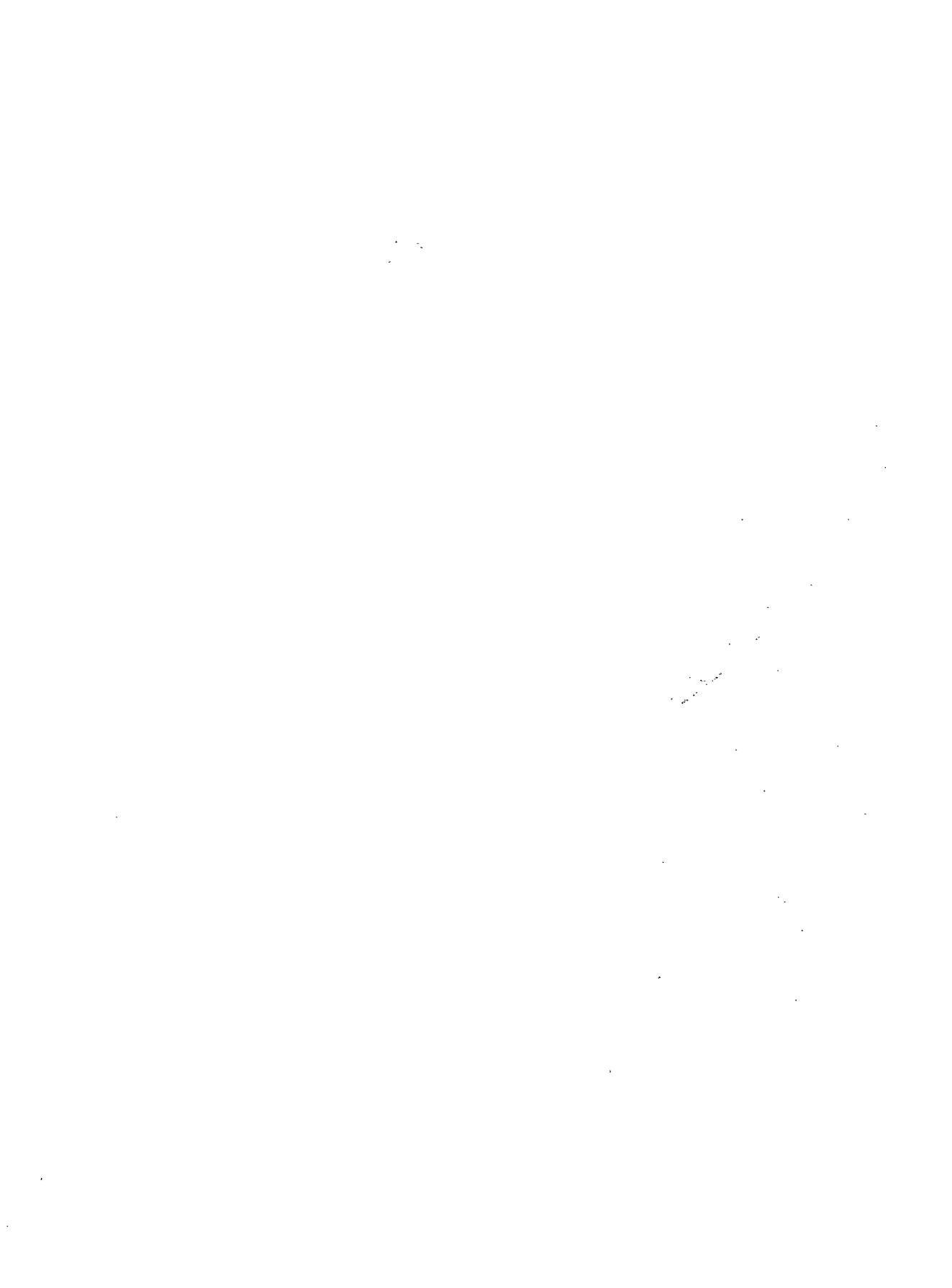
Il reste difficile et délicat d'intervenir dans ces situations sociales et économiques fragiles et complexes. De plus la gestion effective observée et analysée ici est liée au contexte micro-local et ne permet pas de généraliser des modes d'intervention et des solutions *ad hoc* à toutes les GCF. Une démarche d'intervention de type recherche-action répond à ce double souci. Elle consiste en des recherches dans lesquelles il y a une action délibérée de transformation de la réalité ; recherches ayant un double objectif : transformer la réalité et produire des connaissances concernant ces transformations. Elle est élaborée en étroite relation avec les acteurs concernés et permettra de produire des notions théoriques et généralisables.

Notre proposition est de se baser sur des représentations graphiques reliant les logiques propres des exploitations aux changements paysagers. Ils permettront de stimuler la participation des populations locales au processus de planification, par l'instauration d'un dialogue portant sur les perspectives et les enjeux de développement et de conservation.

Les représentations spatiales peuvent contribuer à l'émergence et à la formalisation de projets individuels et collectifs, en particulier pour les groupes sociaux généralement laissés à la marge des processus politiques de planification. Les débats suscités peuvent également stimuler un processus d'apprentissage par l'identification collective des enjeux de conservation et de développement et la co-identification des problèmes à résoudre et des solutions possibles (Bonin *et al.*, 2001).

Conclusion

La modélisation graphique facilite l'analyse et la représentation d'objets de gestion et de négociation mais elle ne saurait se substituer au dialogue. Dans le cadre d'un dispositif de recherche-action, elle est l'une de ses phases en proposant des objets de médiation autour desquels peut s'organiser un dialogue centré sur la décision et l'action collectives (Caron, 2001). Les modèles obtenus à l'issue de ce travail doivent encore évoluer pour devenir plus explicites et permettre un échange avec les acteurs autour de scénarios de gestion de l'espace rural. Il s'agit essentiellement d'intégrer les points de vue des paysans *via* leurs propres représentations de l'espace et des changements. Des discussions autour de représentations partagées du territoire devraient renforcer le degré d'implication des populations locales (Angeon *et al.*, 2003) et leurs capacités de négociation dans le cadre des contrats de gestion des forêts.



Chapitre 22

Gérer la forêt du corridor ou aménager l'espace régional ?

Toillier A. & Serpantié G.

Résumé : A Madagascar l'extension des aires protégées continue d'être une revendication forte des milieux de la conservation. Malgré un passage institutionnalisé à une gestion locale des forêts par et pour les communautés rurales, le corridor de Fianarantsoa fait avant tout l'objet d'un plan d'aménagement pour la conservation avec la mise en œuvre de nouvelles catégories d'aires protégées. Les liens entre protection durable et développement local ne semblent toujours pas identifiés. Entre centralisme et particularisme micro-local on se propose d'identifier des entités intermédiaires où peut se planifier une véritable dynamique de développement compatible avec les zonages de conservation. Pour cela nous avons mené une analyse des répercussions des différents zonages mis en œuvre dans le corridor sur l'organisation des activités agricoles et des dynamiques de développement à l'échelle régionale et locale, ce qui permet en retour d'éclairer l'intérêt d'un aménagement du territoire dans sa globalité pour concilier conservation et développement.

Mots-clés: conservation, aménagement du territoire, développement rural

Introduction

Depuis la conférence de Rio en 1992, le lien entre protection durable et développement local a été éternisé. Les populations locales doivent bénéficier de la conservation et de la valorisation des forêts pour qu'elles deviennent parties prenantes de cette conservation (IUCN/UNEP/WWF, 1991; Brechin *et al.*, 2002 ; Kaimowitz, 2003). Mais le cas malgache illustre la difficulté du passage effectif d'une conservation excluante à une conservation intégrée. Cela s'explique en partie par les difficultés inhérentes à la mise en œuvre d'un double processus de décentralisation et d'intégration régionale de la gestion de la conservation. Pour répondre à la volonté du gouvernement d'étendre les aires protégées, les corridors forestiers sont devenus les nouvelles échelles de la conservation. Cette approche issue du milieu biologiste s'est imposée d'autant plus facilement qu'elle coïncide parfaitement avec l'extension des forêts résiduelles dans l'Est de l'île, qui se présentent sous forme d'une bande étroite étirée du Nord au Sud (cf. chap. 1). Alors que la conservation est maintenant pensée globalement à des échelles éco-régionales avec des appuis financiers étrangers importants, le développement continue d'être envisagé à un échelon local avec pour principal moteur les initiatives des populations villageoises et de faibles implications des autres secteurs scientifiques et agricoles (chap 19). Dans le cadre des dispositifs de transferts de gestion, on leur demande d'envisager par elles-mêmes toute perspective de développement dans les limites de leur territoire en limitant l'extension des terres agricoles et en adoptant des pratiques compatibles avec la conservation des forêts.

Ces constats ouvrent la porte à un nécessaire renouvellement des actions à conduire pour passer véritablement d'une gestion forestière sectorielle à un développement rural planifié. Le développement rural, à l'inverse de ce que certaines analyses laissaient imaginer il y a une quinzaine d'années avec le développement des approches de " gestion de terroir ", ne conduit pas à de seuls processus d'endogénéité et de repli, mais se construit au contraire sur la base d'espaces ruraux ouverts et interconnectés avec l'extérieur (Abaab & Guillaume, 2004). Les trajectoires de développement des territoires villageois sont dépendantes des caractéristiques de leur propre milieu mais aussi de leur

position au sein de réseaux régionaux d'échanges économiques. L'enjeu est alors de définir, entre centralisme et particularisme micro-local, des entités intermédiaires où peut se planifier une véritable dynamique de développement compatible avec les zonages de conservation.

Pour cette recherche d'un nouveau maillage territorial nous nous sommes intéressés aux pratiques de maîtrise de l'espace des populations locales. Elles constituent l'un des points d'entrée dans la compréhension des processus de différenciation des territoires et de leurs trajectoires de développement. Notre démarche a consisté à appréhender dans un premier temps le développement local effectif dans la région du corridor et sa prise en compte ou non dans les actions de conservation. Un référentiel régional des structures spatiales qui sous-tendent l'économie régionale et les dynamiques agraires a ensuite été élaboré. Dans un second temps, les modifications des stratégies paysannes découlant de la mise en place des zonages de conservation ont été analysées localement dans certains territoires aux caractéristiques géographiques contrastées. Une attention particulière a été portée à la réorganisation des échanges, des déplacements et à la modification de l'utilisation des infrastructures. Nos résultats permettent d'identifier des entités spatiales pertinentes sur la base de critères géographiques ainsi que des pistes d'aménagements pour concilier conservation et développement aux deux échelles locales et régionales.

Méthode : des modèles d'organisation pour le diagnostic du territoire

L'objectif dans ce chapitre n'est pas de proposer de nouvelles entités spatiales de gestion, mais d'identifier les principales structures et dynamiques de la région du corridor afin de mettre en évidence les compatibilités et incompatibilités potentielles avec le schéma d'aménagement proposé pour la conservation. Les faisabilités technique, sociale et culturelle des suggestions ne pourront être validées qu'avec les acteurs dans des étapes ultérieures de Recherche-Action (Benoit *et al.*, 2006). Il s'agit donc ici d'un balisage a priori, laissant ouvert le champ des possibles, en fournissant un référentiel des structures spatiales sur lesquelles s'appuie et se développe l'économie régionale. Après une analyse régionale des relations développement-conservation, à travers l'étude de l'" offre de développement " qui a accompagné depuis une dizaine d'années la mise en place de dispositifs de conservation (échelle du corridor), les différentes activités agricoles ont été schématisées. La superposition des activités dans un schéma d'ensemble permet de faire émerger de nouvelles structures organisationnelles. Les spécificités territoriales ont été explorées et décrites en s'appuyant sur les caractéristiques agro-écologiques de la région, les dynamiques de peuplement et un ensemble d'enquêtes dans une dizaine de sites identifiés comme ayant des spécificités au sein de la région. Des enquêtes auprès d'experts (directeur du parc de Ranomafana, agents de développement des ONG et des services décentralisés malgaches) ont permis de valider les organisations identifiées. Ces analyses ont permis de réaliser un découpage du territoire en unités agro-écologiques et de représenter les principaux flux de produits et d'hommes, les pôles urbains, les axes de communication. Des enquêtes individuelles auprès de ménages paysans ont été conduites dans quatre territoires villageois riverains du corridor afin d'analyser plus précisément les stratégies paysannes et leurs réponses aux mesures de conservation mis en place entre 2001 et 2003 (voir chaps. 20 et 21). Deux sont situés en lisière est et deux en lisière ouest du corridor (Figure 40).

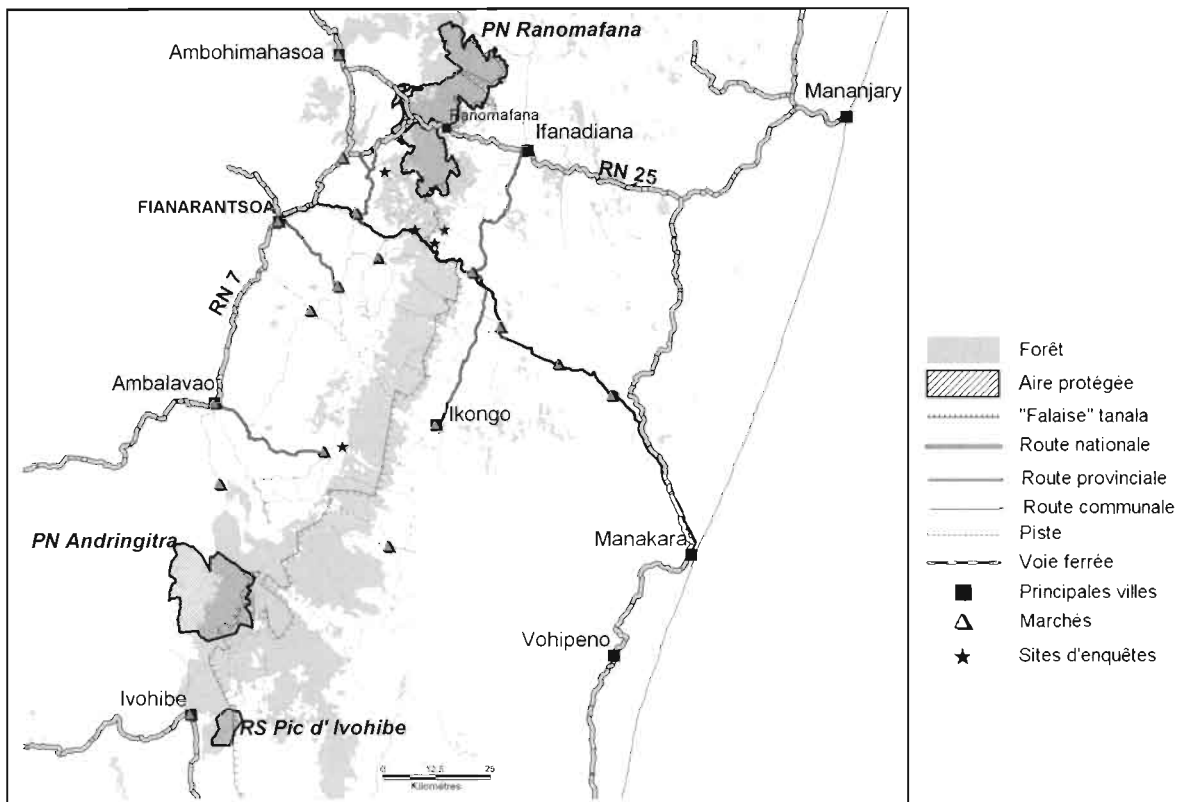


Figure 40 : Infrastructures et localisation des marchés dans le corridor RA

Résultats

Conservation ou développement dans la zone du corridor ?

A la suite de la création des parcs nationaux de Ranomafana et Andringitra, le corridor de Fianarantsoa est inscrit depuis le milieu des années quatre-vingt-dix dans une campagne à la fois nationale et internationale de conservation des ressources naturelles. La première phase de mise en place des transferts de gestion GCF et GELOSE (1996-2006) a correspondu à une urgence de conservation avec la priorité mise sur des zonages de conservation et une responsabilisation des populations locales. Les productions forestières artisanales traditionnellement commercialisées (manches d'outils, bambous), ont été sévèrement réglementés voire interdites. Les appuis au développement ont privilégié les zones faciles d'accès avec réhabilitation d'infrastructures régionales (train, pistes) et ont consisté en des appuis locaux classiques pour l'agriculture dans toutes les zones, sans distinction de spécificités en ce qui concerne les thèmes techniques et économiques développés (SRI-SRA, variétés, engrais à crédit, rizi-pisciculture, courbes de niveau, petits barrages etc.) (voir chapitre 19). On note la rareté des appuis à l'élevage mais aussi à la foresterie villageoise dans une région dont la vocation forestière avait été soulignée par de multiples actions de plantations d'arbres exotiques (eucalyptus, pins, acacias) depuis 1927, et est patente vu les savoirs locaux en matière d'utilisation et de transformation du bois. La multiplicité des contrats GCF et GELOSE établis (plus de 80 en moins de 5 ans, soit près de 140

000 ha contractualisés) et le faible nombre d'agents d'appui ont limité les capacités de suivi et d'évaluation. Elles ont été encore plus affaiblies avec la restructuration administrative de 2002 et la suppression du niveau provincial. La localisation du corridor de Fianarantsoa à la limite de 19 communes et de 5 régions pose un réel problème de coordination et de cohérence des actions de conservation et de développement. L'état des lieux se présente donc sous la forme d'une mosaïque de dispositifs et d'acteurs de la conservation et du développement qui ne s'articulent que partiellement à travers une instance consultative : le comité multi local de planification (CMP), et un bailleur de fonds majeur, l'USAID (voir chapitre 19).

A la suite du comité " Vision Durban " en 2002, qui a priorisé ce corridor, un consortium de bailleurs de fonds et d'ONG⁶⁷ a proposé un schéma d'aménagement pour inclure le corridor dans le nouveau système d'aires protégées de Madagascar. Il consiste en un "site de conservation" associant noyaux durs au cœur du corridor (" zones prioritaires de conservation ") et zones périphériques (" zones d'utilisation durable ") (Figure carnet central 31). Les zonages des transferts de gestion déjà existants seront inclus dans ces nouvelles délimitations et les zones de forêt encore non transférées pourront faire l'objet d'une mise en protection grâce à de nouvelles catégories d'aires protégées dont la forme juridique est en cours d'élaboration. Cependant, après près de 10 ans d'efforts de conservation sans bénéfices directs, les populations rurales relayées par les maires commencent à se démobiliser et à exiger de véritables mesures d'aide au développement en préalable. L'enjeu actuel consiste donc à dépasser l'antagonisme conservation-développement qui se révèle aussi bien sur les plans spatiaux que temporels. Dans ce contexte les ONG cherchent des moyens d'appuyer les initiatives locales de développement pour pérenniser les contrats GCF et GELOSE actuels, tout en gardant une échelle d'action régionale en limitant le nombre d'unités de gestion.

Le corridor : un espace marginal

Les grandes entités agro-écologiques

La région du corridor s'organise en 3 zones agro-écologiques orientées nord/sud. Le corridor, correspondant à une zone climatique particulière (cf. chap. 2), est encadré de 2 espaces ruraux différenciés par les caractéristiques du milieu et les populations qui y vivent. A l'Ouest, le pays betsileo et à l'Est, le pays Tanala. L'escarpement de près de 500 m de dénivelé de la partie est du corridor occasionne un brutal changement dans les conditions climatiques, et la limite des 800 m constitue la frontière de l'écologie de l'agriculture tanala. Elle délimite l'aire de répartition de cette population. L'expansion des surfaces cultivées par la pratique de défriche-brûlis, considérée comme l'une des menaces majeures pour la pérennité du corridor, reste donc faible. La lisière est surtout menacée par la culture de bananiers (700 à 1000 m) près des voies de communication. La lisière ouest relativement stable à l'échelle régionale est cependant marquée localement par une déforestation active, et dans le massif lui-même. De plus la frange forestière ouest est plus hétérogène qu'à l'Est avec de nombreuses discontinuités et fragmentations dues à des clairières agricoles permanentes autour de bas-fonds rizicoles et à des savanes incluses servant de pâturage (chap. 5). Ce couloir forestier présente donc deux bandes forestières aux caractéristiques physiques et climatiques différentes dont découlent des pratiques agraires et des dynamiques de déforestation différentes de part et d'autre (Figure 2).

⁶⁷ Les principales ONG sont: l'USAID via le programme ERI, Conservation International : CI, World Wildlife Fund : WWF, Wildlife Conservation Society : WCS

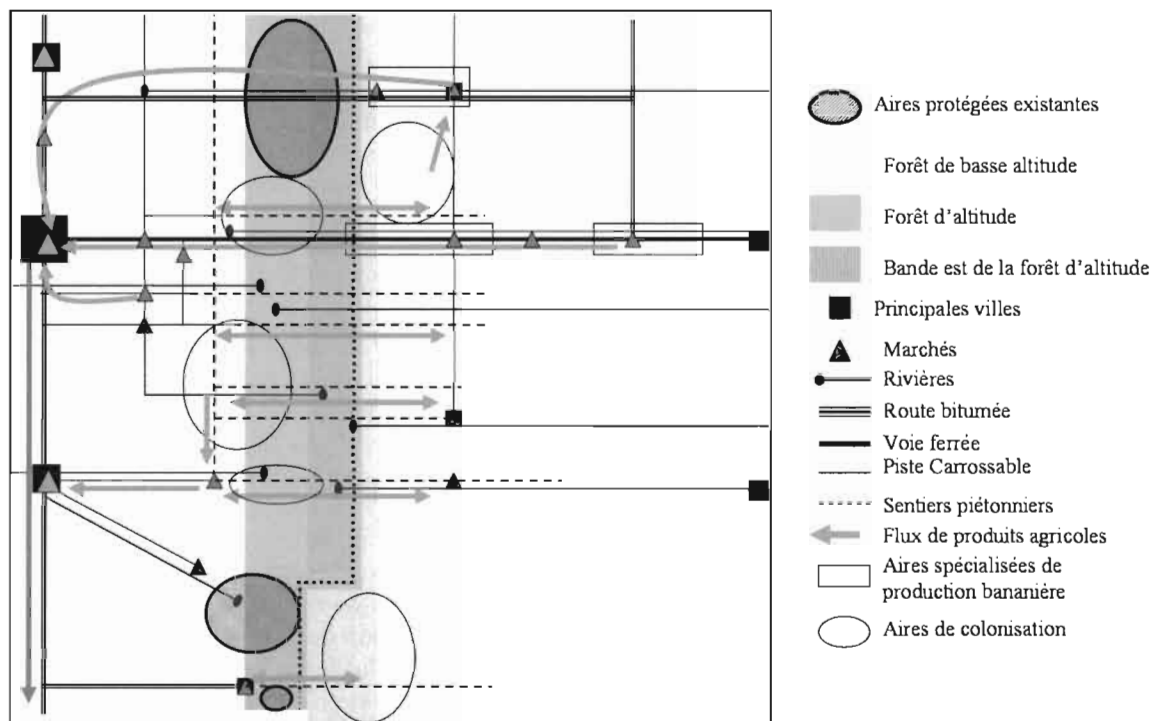


Figure 41 : Flux et spécialisations territoriales dans le corridor RA

Principales infrastructures et localisation des villes

Les trois principaux axes de communications de la région du corridor sont la voie ferrée qui relie Fianarantsoa à la côte est (FCE), mise en service fin des années 20, la route nationale n°25 qui passe par Ranomafana et relie également Fianarantsoa à la côte est (Figure 41). Cette route était bien souvent impraticable en saison des pluies sur de nombreux tronçons. Ce n'est que très récemment (en 2006) que la partie reliant Ranomafana à Ambohimahasoa a été bitumée, alors que le développement de cette région est censé être axé sur l'écotourisme dont le centre organisateur est Ranomafana. La route nationale Nord-Sud RN7, en bon état et autorisant le passage de poids lourds, longe l'Ouest du corridor et relie la capitale Antananarivo à la côte Ouest (Tulear). Les trois grandes villes à proximité du corridor sont Fianarantsoa, Ambohimahasoa et Ambalavao. Deux routes communales longent également le corridor, l'une en pays Betsileo reliant la voie ferrée aux routes nationales et l'autre désenclavant une partie du pays tanala jusqu'à Ikongo. Mais ces pistes en terres sont d'état très variable et ne permettent pas le passage de poids lourds en toute saison.

Dynamiques de peuplement et spécialisations territoriales

Les différentes zones identifiées dans la région du corridor sont interdépendantes sur les plans économique et social, pour des raisons historiques et par complémentarité des ressources dont elles disposent.

En pays betsileo la plus ou moins grande disponibilité de bas-fonds et les besoins en terres à riz ont déterminé récemment des zones de colonisation différentielles liées à la répartition des unités géomorphologiques (chap. 2). On distingue 2 sous-zones : la partie occidentale du pays Betsileo, le long de l'axe de la RN 7 et la marge orientale en lisière du corridor. La partie occidentale du pays

Betsileo est organisée autour de deux pôles : les secteurs d'Ambohimahaso-Fianarantsoa et le bassin d'Ambalavao vers lesquels toutes les activités économiques sont tournées. Le riz primeur (*vary aloha*) produit dans la région orientale pour des raisons climatiques et hydrologiques ainsi que le charbon d'Eucalyptus, principale activité secondaire, y sont vendus afin d'être écoulés par la route nationale, axe de passage dense. Les marges orientales du pays betsileo à moins d'une dizaine de kilomètres de la forêt et la bande ouest du corridor forment un tout indissociable. Les paysans installés en lisière se sont toujours servis de la forêt pour l'élevage et pour la collecte d'une grande diversité de produits forestiers qui constituent un revenu non négligeable lors de la période de soudure. Dans cette zone les spécialisations territoriales se sont opérées sur la nature des activités secondaires développées : petit élevage (volaille, porc), bambou pour la fabrication de paniers (transport de fruits, de volaille), le travail du bois (manches d'outils, pilons et mortiers), la fabrication traditionnelle de rhum à partir de canne à sucre, salariat sur place ou dans des régions déficitaires (Ambalavao, pays tanala). Un réseau de marchés de collecte (Alakamisy, Sahambavy, Mahasoabe, voir Figure 41) s'est constitué à proximité de la voie ferrée et des quelques pistes carrossables qui la rejoignent. Les produits sont vendus en grande quantité et très largement dans l'île grâce à l'évacuation des produits via la RN7, relayée par des collecteurs qui s'approvisionnent dans les marchés.

En pays Tanala l'augmentation des densités démographiques dans les années 80 a obligé un changement du système de culture traditionnellement basé sur le riz pluvial associé à des cultures agro-forestières (café, bananes, vergers). Une extension des surfaces de riz irrigué s'est opérée avec l'accroissement des surfaces de riz primeur (*vary aloha*) et l'introduction de nouvelles cultures comme la pomme de terre et le gingembre qui permettent de faire vivre de plus fortes densités de population. De plus les possibilités de salariat ont commencé à attirer les Betsileo en surnombre sur les Hautes-Terres depuis les années 50 qui parfois finissent par s'installer. Deux ceintures spécialisées dans la production de bananes et de gingembre à destination des villes sont apparues. L'une en bordure de la voie ferrée et l'autre de la route Ifanadiana-Ranomafana, où se répartissent les principales bourgades. Le portage constitue une source de revenus importants pour les paysans qui relient les zones de production aux principales aires de collectes le long des voies de transport. Au delà d'une certaine distance, la rentabilité baisse, ce qui explique l'étendue limitée des aires de production (Figure 41). Le marché de Fianarantsoa est déterminant dans le maintien et le développement de cette activité. La plus grande part de la filière banane, y compris la production, est finalement contrôlée par les Betsileo installés à proximité des voies de communication (voir chap. 17). Les zones enclavées du pays tanala sont vouées à la seule agriculture de subsistance, les principaux revenus monétaires étant dus à la production de rhum traditionnel (illégal) et de café. Ces produits sont vendus en petite quantité essentiellement aux Betsileo lorsqu'ils viennent travailler en pays tanala ou sur les marchés betsileo, localisés de l'autre côté du corridor. Ils peuvent également servir de monnaie d'échange avec du riz et ou de la main d'oeuvre, toujours d'origine betsileo.

Le maillage du territoire, support de l'organisation régionale des échanges économiques et des dynamiques de déforestation

De par leurs origines et leur mode de vie, les Tanala et les Betsileo entretiennent des échanges dans le domaine commercial, matrimonial et de travail saisonnier. Une spécialisation s'est opérée. Les productions recherchées par les Betsileo sont le rhum, le café et le porc qui est un animal interdit à la consommation pour les Tanala mais qu'ils peuvent élever et engraisser facilement au manioc, insuffisant en pays Betsileo. Les Tanala vont s'approvisionner sur les marchés betsileo en zébus. Leurs calendriers agricoles étant décalés en raison des conditions climatiques, des complémentarités se sont opérées pour la main d'oeuvre et la gestion de la période de soudure. La main d'oeuvre tanala est

spécialisée dans la défriche, le bûcheronnage, le portage. La main-d'œuvre betsileo est employée au labour, façonnage des pentes et aménagements irrigués (rizières et canaux). Le pays betsileo importe du manioc, des bananes, du rhum du pays tanala, qui importe en retour du riz et des salariés saisonniers. Le corridor est donc traversé par un réseau de sentiers, disposés tous les 10 km environ (Figure 41), reliant le pays Tanala très enclavé aux marchés Betsileo proches de la lisière. Ils assurent ainsi des liaisons économiques fondamentales, orientées est-ouest entre hautes-terres et basses-terres. Les zones de pression sur le corridor sont organisées selon deux déterminants : i) L'existence de terres cultivables et de sources de revenus : il s'agit ici de ressources forestières et minières et de terres de bas-fonds aménageables en rizières ; ii) l'existence d'axes de communication, permettant de s'insérer dans une économie de marché. Depuis les années 90, l'ensemble des communes en lisière ouest du corridor (d'Ambohimahasoa à Ambalavao) présente une moyenne de 100 hab./km². La pression démographique pousse les Betsileo à s'installer dans le corridor le long du réseau hydrographique et le long des axes de communication qui mènent en pays tanala et le long desquels se joue l'économie régionale. Côté Tanala, la zone de pression s'étire de Manampatrana jusqu'à Ranomafana avec une moyenne à 72 hab./km². Actuellement les zones de pression tanala et betsileo s'étirent vers le Sud, jusqu'à Ikongo en pays Tanala (42 hab./km²) et jusqu'à Mahazony en pays Betsileo (87 hab./km²).

Compatibilités des dynamiques économiques locales avec les zonages de conservation

L'économie régionale est donc totalement tournée vers Fianarantsoa et fait du corridor à la fois une véritable barrière économique pour les Tanala et une opportunité de développement pour les Betsileo. Par son caractère massif et sa difficulté de pénétration, les Tanala qui doivent trouver les moyens d'évacuer leurs productions n'ont d'autres solutions que de le faire à dos d'homme par les petits sentiers de contrebande ou par les grands axes de communication largement contrôlés par les collecteurs betsileo et les autorités. Au contraire, les Betsileo voient dans cette forêt une opportunité de développement avec la valorisation des ressources ligneuses et non ligneuses, l'écotourisme et l'aménagement de terres agricoles. Le site de conservation qui doit relier les parcs de Ranomafana et de l'Andringitra contraindra donc ces deux populations mais pour des motifs différents, et risque de déstabiliser l'économie régionale.

Les analyses des stratégies d'adaptation dans les territoires villageois étudiés mettent en évidence les spécificités et atouts régionaux sur lesquels s'appuient les ménages pour trouver des alternatives à l'utilisation de la forêt. Dans les années qui ont suivi la mise en place des zonages de conservation dans le cadre des GCF, les ménages se sont concentrés sur la valorisation de terres qu'ils avaient jusque là négligées : les *tanety* en pays betsileo avec la plantation de cannes à sucre pour la fabrication de rhum, les bas-fonds et les thalwegs avec la plantation de bananiers en pays tanala. Mais ces changements de pratiques agricoles ne suffisent pas à pallier le manque à gagner de la collecte de bois et de la culture sur défriche-brulis. La majorité des ménages au sein des villages étudiés se sont plaints d'un appauvrissement (voir chap 20). Il n'y a pas de compensations rapides et durables aux mesures de conservation hormis les cultures de rente ou la reconversion vers des activités non agricoles. Il faut cependant des infrastructures régionales d'évacuation des produits adaptées à l'évolution des productions, ce qui n'est pas encore le cas. De même les aménagements écotouristiques ne semblent pas encore ouvrir des perspectives aux populations locales étant donné que la gestion du tourisme s'effectue depuis Fianarantsoa et les revenus aux populations locales restent très anecdotiques et très localisés (Fianarantsoa, Ambatolahy-Ranomafana, Andrambovato). On observe

plutôt un déplacement des zones de pression vers les forêts relictuelles de basse altitude, en particulier dans les territoires peu accessibles situés entre les deux axes de la voie ferrée et de la RN n°25, où aucun dispositif de conservation n'a encore été installé.

Discussion

L'importance des modes d'organisation réticulaires dans le changement d'échelle : des territoires villageois à la région

Les pratiques de maîtrise de l'espace constituent un point d'entrée efficace pour l'étude des dynamiques de développement local. Le thème des réseaux dans le maillage de l'espace régional a mis en évidence non pas l'imbrication verticale des territoires mais plutôt des solidarités horizontales comprises dans un espace régional qui dépasse largement le couloir RA en allant jusqu'à la ville de Fianarantsoa. Les coopérations transversales observées remettent alors en question les entités spatiales administratives choisies pour concevoir les actions intégrées de conservation et développement. La nature des échanges traduit des logiques de la maîtrise et de l'organisation des territoires villageois. En retour, l'analyse des stratégies des ménages pour s'adapter aux zonages et aux mesures de conservation a permis de mettre en évidence les ressources et aménagements régionaux sur lesquels il s'appuie. Ce sont les voies de communication trans-corridor et l'organisation régionale des marchés et de la collecte qui assurent des alternatives viables à l'interdiction de la défriche et de la collecte de produits forestiers dans les territoires villageois.

Les enjeux de conservation et de développement dans la région du corridor

Le positionnement d'un noyau dur de conservation dans la bande est du corridor, peu utilisée, ne représenterait a priori pas d'antagonisme radical avec les systèmes agraires locaux, à condition que les axes de communication soient préservés, comme cela a déjà été fait dans le cas du parc de Ranomafana où une tolérance s'est installée vis à vis du passage de piétons sur des axes négociés entre gestionnaires et populations riveraines. Mais ces axes de communication, en particulier les routes et le train, peuvent devenir de véritables zones de pression si le désenclavement d'autres zones de production n'est pas prévu. Dans ces zones les plus désenclavées, des stratégies basées sur la production ou la prédation marchandes ont émergées, notamment dans les filières illégales (rhum, paniers). La production de bananes a poussé à de nouvelles défriches aux alentours de la voie ferrée, en particulier dans le corridor, et aux limites du parc de Ranomafana. Cette culture pérenne réclame de la fertilité et supporte bien le climat du haut de la falaise, contrairement au riz et au manioc. Elle est parfois installée de façon insidieuse, sous forêt, sans défrichements spectaculaires mais progressifs. Ces stratégies semblent s'inscrire de plus en plus dans une logique minière de l'exploitation des ressources naturelles, se substituant aux pratiques coutumières basées sur des logiques sociales et non commerciales. Pour les villages les plus enclavés il est difficile d'envisager le maintien de l'agriculture traditionnelle dans ce contexte de conservation. Les stratégies d'adaptation des paysans sont fragiles dans la mesure où les rares filières développées ne sont pas " sécurisées ". Comme cela a déjà été le cas à maintes reprises à Madagascar, tout trouble politique ou relâchement de la surveillance par les agents forestiers ou comités locaux donneront lieu à des défriches massives en compensation des années de restriction.

La bande ouest du corridor qui est actuellement l'objet de défriches intenses par des Betsileo pour y installer des rizières et des cultures de versant est une situation plus complexe de conservation et de développement. Il ne s'agit pas de reproduire les mêmes erreurs que dans la zone périphérique de

Ranomafana où des projets d'appui au développement uniformes, bien souvent sous la forme de greniers communautaires, d'écoles et de barrages, avaient été mis en place (Serpantié, 2004). Les mesures de compensation dans le cadre des GCF étaient au début de cet ordre là mais commencent à évoluer vers des actions plus spécifiques (formations en gestion, artisanat, sylviculture) qui répondent aux besoins locaux ; mais les financements disponibles et la durée de vie des projets d'appui semblent encore insuffisants vu l'étendue des zones à couvrir. L'enjeu d'un développement durable consisterait ici finalement davantage à détourner l'attention des Betsileo des potentialités agricoles du corridor qu'à leur " transférer " la gestion des forêts. Le problème qui se pose est que les nouvelles dynamiques économiques (production de rhum, activités minières) restent précisément en marge des initiatives d'appui au développement local car elles font intervenir l'essentiel des acteurs illégaux, non reconnus par le cadre législatif et réglementaire des GCF.

En pays Tanala, la menace pèse essentiellement sur les reliques de forêt de basse altitude, qui ne sont actuellement pas prises en compte dans les stratégies de conservation du gouvernement malgache et des ONG et sont souvent trop enclavées.

Quel aménagement du territoire ?

Au sein de la région du corridor, les résultats montrent que : i) il y a une inégale répartition des hommes et des activités, ii) les territoires présentent différentes contraintes et potentialités, qui ne permettent pas toutes les mêmes trajectoires de développement. L'aménagement du territoire, dans la compréhension française du terme, c'est " *la recherche dans un cadre géographique [...] d'une meilleure répartition des hommes en fonction des ressources naturelles et des activités économiques* " (Claudius-Petit, 1950). Cette approche implique une correction des inégalités spatiales pour favoriser la croissance et le développement économique, et promeut également une spécialisation fonctionnelle des territoires en fonction de leurs caractéristiques géographiques. Il semble en effet indispensable d'anticiper ou de corriger les effets antagoniques suivant la mise en place des dispositifs de conservation. Citons par exemple le report de la pression sur la forêt du corridor côté betsileo dans des villages tanala enclavés peu surveillés où la forêt de basse altitude est encore présente, ou encore l'amélioration de la qualité attractive de territoires tanala pour l'écotourisme mais des bénéfices versés aux Betsileo au détriment des villageois traditionnellement usagers de ces forêts.

La vision à l'échelle régionale de la diversité de situations territoriales et des facteurs qui en sont la cause permet d'envisager des stratégies de développement et les aménagements nécessaires. Il convient tout d'abord de s'interroger sur ces différenciations territoriales. Faut-il jouer sur la compétition ou la complémentarité des territoires ? Ou bien faut-il sacrifier des territoires au profit de l'enjeu global de conservation du corridor (cas des zones enclavées à mettre en zone de protection) ? Nos résultats ont montré la possibilité de jouer sur différents atouts de la région du corridor pour concilier conservation et développement. Le point de vue que l'on privilégie est celui évoqué par G. Rossi (2000) : " *la meilleure façon de ne pas fragiliser le futur est de préserver le maximum de possibles, de diversité, de capacités d'adaptation [...] Favoriser l'épanouissement de la diversité pourrait être la meilleure voie vers le développement humain durable* ".

En pays Tanala une approche serait de différencier deux situations dans les modes d'aménagement des territoires ruraux : les situations enclavées, et les situations en bordure de route. Une route de désenclavement atteignant la pointe sud du parc serait une première approche, pour favoriser la production bananière et de canne à sucre, c'est-à-dire l'expansion de leurs aires de collecte vers le Sud et l'Est. La conversion de la production illégale de canne en production légale (biocarburants par exemple) serait une perspective. En pays Betsileo, maintenir des populations rurales dans des territoires majoritairement forestiers, comme c'est le cas actuellement avec les dispositifs de GCF,

implique aussi une maîtrise de la démographie pour éviter une trop forte pression. Une solution serait de focaliser les efforts sur l'attractivité des villes, l'amélioration de l'organisation des filières agricoles pour valoriser les surplus et encourager à la mise en valeur des *tanety* en savane, et sur la gestion des plantations forestières d'Etat, quasi-abandonnées, au profit des riverains.

Les propositions de planification et d'aménagement ne correspondent donc pas nécessairement aux entités spatiales administratives choisies où se trouvent les compétences. Mais même si un niveau de gestion régional est souhaitable pour coordonner les différentes actions, les impulsions locales nouvelles sont souvent imbriquées à des formes de résistance du milieu conservacionniste qui conduisent à des inerties d'aménagement pour appuyer le développement. Pourtant l'ambition d'inclure les aires protégées et leurs zones périphériques dans un schéma de conservation à l'échelle régionale nécessite bien le maintien et la coopération des populations locales qui habitent et utilisent ces forêts depuis plusieurs siècles. Leur développement est une nécessité qu'elles revendiquent.

Conclusion

Face à la démultiplication des acteurs et des échelles de gestion (Moreau, 2006 ; Bidou *et al.*, 2006) mais aussi à l'urgence de mise en œuvre de la conservation (Carrière-Buchsenschutz, 2006), il s'agit de ne pas alourdir encore ce patchwork de règles et de zonages dans lequel les communautés paysannes se perdent déjà mais de s'appuyer sur l'existant. L'aménagement du territoire peut être une approche de résolution de l'antagonisme apparent entre conservation et développement. Les résultats de cette recherche ne constituent qu'une étape préliminaire mais indispensable pour planifier un développement local compatible avec les zonages de conservation. Seule une confrontation de ces informations avec l'ensemble des acteurs concernés permettra le passage à des propositions concrètes d'aménagement (Benoit *et al.*, 2006). Les modes de maîtrise de l'espace sont le produit d'acteurs donc il est très difficile d'en tirer une véritable prospective faute de connaître ce que feront ou voudront ces acteurs. Mais comme le souligne Brunet (2005, p.87) : "*On ne peut pas prétendre que l'on sait ce qu'il va arriver dans les années qui viennent mais on dispose d'hypothèses, de probabilités pour que ceci marche ou pas, grâce à un savoir accumulé, et à des regards neufs, des angles différents, en retournant les cartes et en essayant toujours de penser autrement*". En ce sens, une meilleure connaissance des stratégies et pratiques en cours et déjà maîtrisées par les populations locales dans l'ensemble des territoires en périphérie des aires protégées constitue une première étape à une planification régionale du développement local.

INTRODUCTION AU DEBAT

Un point de vue d'acteur (Projet Ecoregional Initiative) - L'avenir du corridor forestier Ranomafana - Andringitra. Réflexions suite au séminaire GEREM (CNRE-IRD)

*Freudenberger Mark S & Razanajatovo S.*⁶⁸

Introduction

L'écorégion malgache " forêts de l'Est " à basse, moyenne, et haute altitude entre les parcs nationaux de Ranomafana et Andringitra a fait l'objet de multiples interventions de conservation depuis une vingtaine d'années. Progressivement la forêt a été placée sous un nouveau régime de gestion : un système de gouvernance par une co-gestion entre l'État et les populations riveraines. Le processus " Vision Durban " œuvrant à la mise en place de la Nouvelle Aire Protégée (NAP) Fandriana - Vondrozo (Figure carnet central 31), n'est que la continuation d'une politique forestière visant à accroître le pouvoir et la capacité des populations rurales à gérer les ressources naturelles de leurs terroirs. La co-gestion forestière ouvre la porte à une nouvelle relation de pouvoir entre l'Etat et les populations riveraines. Malgré ce progrès, les nouveaux transferts de gestion ont réduit considérablement l'accès des populations riveraines aux forêts naturelles. Ce sont des forêts " primaires " qui sont en fait et depuis longtemps perturbées par des activités humaines et des phénomènes naturels comme les cyclones. L'histoire de l'occupation humaine de ces forêts varie selon les spécificités du milieu. La flexibilité des systèmes agraires *betsileo* et *tanala* se réduit rapidement avec les conséquences écologiques et socio-économiques décrites dans le séminaire GEREM (CNRE/IRD) sur les " Transitions agraires, dynamiques écologiques et conservation ". Des recherches similaires suggèrent que les impacts contradictoires de la politique de co-gestion des forêts " primaires " vont probablement se reproduire à une échelle plus vaste suite à la mise en place de la NAP Fandriana - Vondrozo (Voakaty Ny Ala; 2006 ; Blanc-Pamard & Ramiarantsoa, 2006).

L'approche écoregionale adoptée par plusieurs défenseurs de l'environnement et du développement rural à Fianarantsoa prévoit la mise en place d'une grande gamme d'interventions pour réduire les pressions anthropiques sur les espaces forestiers à haute biodiversité (World Wildlife Fund, 2004 ; Ecoregional Alliance, 2006). A la lisière des " forêts primaires ", l'Etat malgache a promu avec les appuis des bailleurs de fonds des " alternatives au *tavy* ", une stratégie de substitution de la culture de brûlis par une intensification et une diversification des systèmes agricoles. Les présentations faites au séminaire GEREM montrent deux dynamiques dans la partie nord du couloir RA : 1) Accélération de la dégradation des sols des terroirs à la lisière du couloir due aux restrictions d'utilisation des forêts naturelles, qui sont des réserves de terres fertiles depuis longtemps reconnues par les populations riveraines. La pauvreté rurale dans les terroirs limitrophes pourrait s'aggraver si les mesures d'atténuation ne sont pas prises ; 2) Démarrage d'une mutation agraire basée sur l'intensification, la diversification agricole, certaines pratiques agro-écologiques, dont la vitesse d'adoption dépendra entre autre des dynamiques des marchés locaux, régionaux et internationaux.

En dépit de ces tendances contradictoires, les enjeux politiques et économiques vont converger de plus en plus dans les années à venir autour de la question : qui va valoriser les forêts naturelles ainsi que la région encore peu exploitée du " corridor " ? C'est une richesse considérable non seulement par sa valeur en biodiversité mais surtout par sa valeur en matière d'eaux de surface, pour l'hydroélectrification, l'irrigation et l'eau potable des populations rurales et urbaines.

Pendant cette bataille latente mais de plus en plus visible, qui seront les gagnants et les perdants ?

⁶⁸ Les opinions exprimées par les auteurs dans la présente publication ne reflètent ni celles de l'USAID, ni celles des gouvernements des Etats-Unis ou de Madagascar.

Enjeux et contradictions de la mise en place de la nouvelle aire protégée

Dynamiques environnementales

Les résultats du programme GEREM (CNRE/IRD) remettent en cause un grand nombre de suppositions sur les dynamiques écologiques et socio-économiques de la partie nord du couloir RA. Par exemple, leurs analyses nous montrent que la conversion forestière sur les hautes et moyennes altitudes est moins rapide que supposé, sauf en certains lieux (riches en bas-fonds, voies de communication), mais qu'elle est rapide à basse altitude. Les études récentes réalisées pour le Ministère de l'Environnement et Eaux et Forêts confirment ce constat (Projet JariAla, 2007). Effectivement les zones de basse altitude sont des milieux importants à préserver car les inventaires biologiques du WWF et de l'ICTE montrent que les plus hauts niveaux de richesse d'espèces au sein du couloir RA se trouvent dans les forêts de moyenne et basse altitude au-dessous de 750 mètres. (Goodman & Razafindratsita, 2001). La diversité des contextes agroécologiques à la lisière du couloir RA nous renseigne sur les dangers d'extrapoler les réalités d'une zone à une autre.

Une politique environnementale orientée vers la mise en œuvre de la Nouvelle Aire Protégée Fandriana - Vondrozo

Le Madagascar Action Plan du gouvernement de Madagascar prononce une politique très claire sur la gestion des ressources naturelles. *"Madagascar deviendra un leader mondial dans le développement et l'utilisation des meilleures approches pour la protection de l'environnement... Nous nous engageons à aimer et à protéger notre environnement"* (République du Madagascar, 2006, 97). La mise en place de cette politique nationale est soutenue par un vaste arsenal législatif orienté vers la mise en place de la Vision Durban - une politique visant à atteindre 6 millions d'hectares d'aires protégées terrestres et marines. Par décret temporaire promulgué en septembre 2006, la "Nouvelle Aire Protégée de Fandriana - Vondrozo" (superficie de 499 598 Ha) est la concrétisation de la mise en place d'un nouveau régime de gouvernance des "forêts primaires". Les services des Eaux et Forêts sont mandatés pour assurer le principe de "gestion de l'aire protégée en cours de création, et celui de la co-gestion, un type de gestion participative...". La mise en œuvre de la NAP n'est donc qu'une extension massive de la politique de co-gestion forestière dont les origines se trouvent dans la loi GELOSE (96-025) et le décret 2000-122 permettant les Transferts Contractualisés des Forêts (GCF).

Grâce au cadre juridique encourageant la co-gestion entre l'Etat et les communautés locales de base (COBA), les populations riveraines du couloir RA ont rapidement saisi l'occasion de faire les demandes de transfert de gestion. Malgré la complexité des procédures administratives et le coût élevé (en moyenne 6-8 millions d'Ariary investis par les projets à Fianarantsoa) de la préparation des Plans d'Aménagements et de Cahiers de Charge, environ 80 transferts de gestion d'une étendue de 14 327 hectares ont été mis en place le long du "corridor" entre Fandriana et Vondrozo. Près de 30 % de la nouvelle aire protégée est co-gérée par les communautés locales et les services des Eaux et Forêts. Malgré un manque d'encadrement, et des difficultés rencontrées par les services étatiques et les populations à respecter toutes les clauses des Plans d'Aménagement, les communautés locales continuent à demander des appuis pour mettre en œuvre des nouveaux transferts de gestion (Hockley, 2007).

Une mobilité agricole de plus en plus faible

Les recherches et les expériences des projets de développement oeuvrant le long du couloir RA suggèrent que les nouveaux régimes de co-gestion des forêts contribuent à une mutation progressive des systèmes agraires à la lisière des forêts " primaires ". Au 20^{ème} siècle, l'expansion agricole s'est caractérisée par une montée progressive le long des vallées où les peuples betsileo cherchaient des rizières de bas-fonds et les Tanala des pentes ensoleillées propices aux cultures de riz pluvial, de manioc et de certaines cultures de rente (Freudenberger, 1999). Pourvu que la durée des rotations de cultures sur brûlis soit assez longue pour permettre une régénération suffisante des sols, le tavy est reconnu comme une technique agraire bien adaptée aux conditions des communautés situées à la lisière des forêts primaires au Madagascar (Freudenberger, *op.cit.* ; Styger *et al.*, 2006). Mais aujourd'hui les restrictions contre le tavy stipulées dans les contrats de transfert de gestion constituent un frein pour les populations en pleine expansion démographique d'environ 3% par an (Whyner, 1999). Néanmoins, il faut reconnaître que certaines terres ne subissent pas la pression du tavy car la haute altitude limite la culture de variétés de riz pluvial traditionnelles. Il nous semble donc qu'un point de non retour a été atteint. Soit les populations changent radicalement leurs systèmes agraires en adoptant les nouvelles techniques d'intensification agricole et en essayant de diversifier les marchés pour les surplus agricoles produits ; soit elles s'apauvriront à cause des restrictions contre l'extension des cultures sur brûlis.

Au sein des terroirs agricoles betsileo et tanala, la réduction de la durée des jachères commencée à avoir une influence sur la capacité de restauration de la fertilité des sols (Rakotoson, 2006 ; Serpantié *et al.*, 2006 ; Randriamalala *et al.*, 2007). Les populations tanala avaient pu conquérir de nouvelles terres agricoles dans les forêts naturelles pour faire de nouveaux champs de cultures sur brûlis tavy. Pour les Betsileo, les grandes vallées ont donné l'opportunité d'aménager les rizières et de faire les cultures pluviales sur les flancs. Puisque les forêts naturelles, plus ou moins perturbées, seront de plus en plus protégées (GCF, GELOSE, ou NAP), les jachères arbustives et autres végétations pionnières, ou *kapoka*, deviennent les dernières réserves de fertilité. Pour preuve, les populations rurales prennent soin de ne pas mettre ces milieux dans les espaces en transferts de gestion car elles reconnaissent la valeur agricole de ces bosquets. Dans les années à venir, on verra certainement une disparition de ces espaces à cause de leur transformation en cultures quasi permanentes. Les conséquences sur les cycles de régénération des sols dans les terroirs seront profondes. De même que chez les Tanala, les Betsileo seront obligés d'intensifier leurs cultures pour maintenir et augmenter la fertilité des sols en adoptant les méthodes demandant un investissement de main d'œuvre et de financement supérieurs.

De nombreuses techniques agro écologiques sont promues par les vulgarisateurs agricoles pour freiner l'érosion, restaurer la fertilité des sols et promouvoir la diversification agricole. Par exemple, certains agronomes misent sur la vulgarisation des pratiques de semis direct (Husson & Rakotondramana, 2006 ; Styger, 2006 ; Styger *et al.*, 2006). D'autres proposent les techniques de paillage, la propagation des cultures intercalaires avec le vétiver, l'écobuage, un brûlage à l'étouffée du sol qui permet une libération d'éléments nutritifs ; l'intégration des plantes de couverture dans la rotation des cultures... Les études faites par le GEREM/IRD démontrent aussi le bien fondé des pratiques traditionnelles pour limiter l'érosion et restaurer la fertilité des sols, mais montrent aussi leurs limites en contexte de forte densité de population. Toutes ces techniques innovatrices pourraient résoudre une partie des contraintes auxquelles sont confrontés les communautés tanala et les betsileo. Mais les exigences en main d'œuvre et ressources financières risquent d'être importantes. Les pratiques agro-écologiques ne seront pas nécessairement une panacée. Les plus pauvres du milieu rural rencontrent souvent les

difficultés à mobiliser les ressources requises pour adopter la gamme des pratiques agro écologiques disponibles (Tripp, 2006 ; Vosti *et al.*, 2005) Les populations à la lisière du couloir RA vont se confronter à d'importantes difficultés pour mobiliser le capital et la main d'œuvre nécessaires pour adopter les alternatives aux cultures sur brûlis. Sans une meilleure intégration dans les flux commerciaux des marchés locaux, régionaux et nationaux il est difficile d'imaginer comment les riverains du couloir forestier vont accumuler le capital nécessaire pour s'investir dans la mise en œuvre de ces innovations. En fin de compte, les alternatives au tavy pourraient bien ne pas être adoptées par les populations malgré les bonnes intentions des développeurs !

L'intensification et la diversification agricole le long du corridor forestier sont dépendantes de la mise en place d'un système de transport rural efficace et d'une commercialisation agricole permettant la mobilisation du capital facilitant l'investissement dans les techniques agro-écologiques. La politique nationale malgache de transport routier, ferroviaire et fluvial devrait en principe créer les incitations propices pour une intégration des communautés le long du couloir forestier dans les circuits commerciaux. Des investissements considérables ont été réalisés à Fianarantsoa par les projets financés par l'USAID, la Banque Mondiale et l'Union Européenne pour réhabiliter les systèmes de transport à la lisière du couloir forestier. En principe, l'ouverture des zones périphériques à l'économie régionale et nationale devrait permettre aux surplus agricoles de mieux se vendre pour que les bénéficiaires soient investis dans la main d'œuvre ou les intrants agricoles nécessaires au maintien de la fertilité des sols. Sachant que les Tanala vendent leurs cultures de rente (ie : bananes, litchis, café, agrumes, manioc) aux populations des Hautes-Terres d'une part ; et que les Betsileo vendent le riz vers les zones déficitaires du côté est du corridor d'autre part, des systèmes de transport performants sont à la base de l'économie rurale et régionale (Freudenberger, 2001). Il existe deux obstacles à un système de transport fiable.

Les systèmes de transport sont très vulnérables aux aléas climatiques et politiques. Les cyclones et les fortes pluies endommagent chaque année les pistes rurales et le chemin de fer Fianarantsoa - Côte Est (FCE). En conséquence, la vente des surplus agricoles est arrêtée pour des périodes importantes avec des impacts profonds sur l'économie locale (Freudenberger & Deeg, 2000). La mobilisation des moyens financiers pour réhabiliter ces infrastructures prend beaucoup de temps malgré l'existence des Fonds d'Entretien Routière (FER). Souvent les communes ne réussissent pas à mobiliser les fonds de contrepartie requis par l'Etat. Pareillement, la politique de mise en concession du chemin de fer et du port de Manakara n'a pas abouti. Les bailleurs de fond se sont retirés du dossier. Sans mise en concession et sans financements pour la réhabilitation de ses infrastructures ferroviaires et portuaires, le système de transport liant les populations riveraines du couloir avec les marchés extérieurs deviennent de plus en plus aléatoires. Une fois de plus, les zones du couloir forestier desservies par le chemin de fer risquent d'être isolées malgré une relance rapide de l'économie de rente constatée à l'époque de la réhabilitation du chemin de fer (2000-2005). De ce fait, il n'est pas évident que les communautés locales puissent lever le capital financier et conserver leur main d'œuvre nécessaire pour adopter les nouvelles techniques agricoles préconisées pour maintenir et augmenter la fertilité des sols. La situation est même plus précaire pour les populations habitant dans les zones isolées nécessitant des heures de marche pour arriver aux axes routiers desservant le chemin de fer.

Articulation des Régimes Fonciers

Le couloir RA est souvent considéré par la population rurale comme la dernière frontière foncière - une zone de conquête permettant encore une expansion de l'agriculture et de l'habitat. Mais, la mise en place des nouvelles restrictions d'accès aux forêts naturelles obligent de plus en plus les populations tanala et betsileo à rester dans les terroirs d'occupation actuelle. Au sein des terroirs

traditionnels, les enjeux fonciers vont apparaître de plus en plus souvent autour des diverses niches agro-écologiques. Les jachères, les *tanety* - en apparence inoccupées - pourraient être convoités pour l'expansion de certaines filières de rente stimulées par les marchés locaux ou internationaux. L'augmentation des superficies des cultures de rente sur les terres en friche - *ravintsara*, bananiers, jatropha, et eucalyptus - vont certainement réveiller des conflits fonciers latents. Il est reconnu que la mise en valeur soudaine des terres laissées en jachère par les ancêtres contribue souvent à l'émergence de conflits fonciers (Freudenberger, 1995).

Dans ce contexte d'insécurité foncière à l'échelle du terroir et du ménage, l'obtention de la sécurisation foncière est devenue préoccupante pour les riverains du couloir forestier. Lors des assemblées du Comité Multilocal de Planification une demande pressante est exprimée par les membres de mettre en place les Guichets Fonciers - une technique permettant aux communes de reconnaître les occupations foncières existantes par l'émission des certificats fonciers qui garantissent la validité des droits sur les terres et les ressources naturelles jusqu'à preuve du contraire⁶⁹. Malgré le soutien par les autorités régionales, il est trop tôt pour déterminer l'envergure et l'impact de cette stratégie de clarification des droits fonciers.

Pouvoir et gestion des ressources naturelles

La transformation agraire en cours le long du couloir forestier est accompagnée par une évolution assez rapide des structures et des relations de pouvoir. La mise en place de nombreux projets de conservation et de développement a suscité l'émergence de plusieurs plateformes de concertation permettant à des instances rurales de se concerter périodiquement. Suite à la mise en place du Comité Multilocal de Planification (CMP), de l'ADI-FCE et l'OPCI Chemin de Fer plusieurs opportunités se sont créées pour permettre l'expression des doléances. Pendant ce temps, des mouvements paysans commencent à émerger comme les associations et fédérations Koloharena. De même, une initiative est en voie de constituer une plate-forme des communautés de base (COBA) afin de protéger les intérêts des détenteurs des contrats de gestion des ressources naturelles. Malgré le fait que ces structures représentent souvent plus les intérêts des hiérarchies traditionnelles que des populations, le fait de s'associer ouvre une voie à l'expression des espoirs et les soucis.

Souvent soutenues par les projets de développement et de gestion des ressources naturelles oeuvrant à Fianarantsoa sous l'égide du Programme Environnemental III (PE III), ces structures commencent à communiquer leurs perspectives sur les enjeux environnementaux (Thévenaut, 2006). Les nouvelles opportunités d'expression contribuent à l'émergence des demandes bien articulées comme les suivantes :

- 1) **Promouvoir le développement rural le long de la lisière du couloir RA comme mesure de mitigation environnementale.** Les représentants divers des associations rurales et des autorités communales demandent la mise en place de mesures pour assurer un développement durable le long du couloir forestier. Les recommandations sont claires - réhabilitation et bonne gestion des moyens de transport (chemin de fer FCE, port de Manakara, et pistes ruralés), réhabilitation des infrastructures agricoles, expansion du crédit rural, approvisionnement en électricité rurale, amélioration des services sociaux et expansion de l'encadrement agricole. Les demandes exprimées sont souvent liées à une menace explicite - si les mesures de développement rural ne sont pas mises en place dans un proche avenir, la population désespérée par le manque d'accès aux forêts " primaires " va accentuer l'occupation des terres

⁶⁹ Arrêté n 7542/2005 fixant les modalités d'application du décret n 2003-908 du 2 septembre 2003 portant application de la loi n 2003-029, modifiant certaines dispositions de l'ordonnance n 60-146 du 3 octobre 1960 relative au régime de l'immatriculation.

propices aux cultures sur brûlis. Enfin, selon ses dire, pas de développement rural, pas de réalisation de la NAP Fandriana - Vondrozo !

- 2) **Valoriser davantage les forêts naturelles à fin de générer des bénéfices économiques.** Lors des concertations des plateformes fédératives, les représentants des communautés locales notent que les forêts naturelles sont les châteaux d'eau d'une grande valeur économique pour l'irrigation des bas-fonds, l'alimentation du barrage hydro-électrique à Ranomafana, l'approvisionnement des villes et villages en eau potable. Il est de même reconnu que le couloir forestier a toujours attiré les exploitants miniers (or, émeraude, corindon), les coupeurs du bois précieux (palissandre) et les collecteurs de plantes médicinales. Aujourd'hui l'écotourisme - randonneurs et passagers du chemin de fer- sont attirés par la beauté du couloir forestier. Lors des forums de concertation la question se fait sentir de plus en plus - comment les intérêts locaux peuvent-ils bénéficier des retombées économiques générés par le couloir forestier ? Certes, ce débat reflète une inquiétude touchant les enjeux autour du partage des bénéfices générés par la valorisation économique des services environnementaux.

Conclusions

Le séminaire scientifique CNRE/IRD sur les " Transitions agraires, dynamiques écologiques et conservation : le couloir forestier de Fianarantsoa " illustre les multiples enjeux qui sont en train de surgir à la lisière des forêts naturelles. Les présentations nous informent sur le fait que les terroirs villageois à la lisière du corridor forestier commencent à s'adapter aux nouvelles politiques forestières. Malgré les bonnes intentions des décideurs, les mesures prises pour mieux gérer les forêts " primaires " pourraient cependant contribuer à l'appauvrissement des populations riveraines si on ne prend pas soin de faciliter une intensification et diversification agricole. Mais une grande gamme d'incitations devrait se mettre en place simultanément à l'échelle nationale et régionale pour assurer le transport des surplus aux marchés et la mise en place des investissements pour une agriculture agro-écologique. Politiquement, il n'est pas encore sûr que la mise en place de la Nouvelle Aire Protégée Fandriana - Vondrozo sera acceptée par les citoyens vivant le long du couloir forestier malgré les efforts considérables de communication et de vulgarisation faites par les instances comme le Comité Local de Planification. Si la confiance entre les riverains du corridor forestier et l'Etat ne se consolide pas, les populations locales vont résister à la mise en place de la nouvelle aire protégée en utilisant des moyens réservés aux démunis sans pouvoir (Scott, 1985).

Puisque le couloir RA représente une immense valeur économique latente, n'est-il pas possible de mieux gérer non seulement les forêts mais l'eau provenant de ses vastes étendues ? Nos expériences sur le terrain nous laissent penser que la conversion de l'eau " brute " sortant des forêts naturelles en eau " transformée " en électricité par un réseau des microcentrales hydroélectriques pourrait stimuler la création des nouvelles industries, des emplois ruraux et une meilleure sécurité alimentaire (Levet, 2006 ; Leutwiler, 2005). En fin de compte, la transformation de l'eau en énergie maîtrisée contribuerait à la création d'un " corridor économique " le long du " corridor forestier ". Enfin, les futurs enjeux vont se tourner autour de la question, comment mieux faire valoir les services écologiques des écosystèmes de l'écorégion " forêts de l'Est " en assurant une bonne distribution des bénéfices ? Dans le contexte écologique et social décrit par le projet GEREM (CNRE-IRD), les politiques de développement devraient se concrétiser pour s'assurer que les bénéfices de la conservation et de la valorisation économique du corridor forestier contribuent au bien-être des Malgaches y vivant près et loin du pour les générations présentes et futures.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abaab A. & Guillaume H., 2004 - Entre local et global. Pluralité d'acteurs, complexité d'intervention dans la gestion des ressources et du développement local. In *Environnement sociétés rurales en mutation. Approches alternatives*, M. Picouet, S. Mongi, D. Genin, A. Abaab, H. Guillaume & M. Elloumi (eds). IRD Editions, Paris.
- Abe Y., 1984 - *Le riz et la riziculture à Madagascar, une étude sur le complexe rizicole d'Imerina*. Editions CNRS, Paris, 232p.
- Agrawal A. & Gibson C., 1999 - Enchantment and disenchantment : the role of community in natural resource conservation. *World development*, 27(4) : 629-649.
- Akpo L.E., 1998 - *Effet de l'arbre sur la végétation herbacée dans quelques phytocénoses au Sénégal. Variation selon un gradient climatique*. Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Naturelles. UCAD, Sénégal, 129p.
- Albaladejo C. & Duvernoy I., 2000 - La durabilité des exploitations agricoles de fronts pionniers vue comme une capacité d'évolution. In *Les temps de l'environnement*, M. Barrué-Pastor & G. Bertrand (eds). Presses Universitaires du Mirail, CNRS (Collection Paysage & Environnement), Toulouse, pp.327-333.
- Albaladejo C. & Lardon S., 1990 - La dynamique spatiale d'une zone pionnière agricole en Argentine. *Mappemonde*, 4 : 37-41.
- Andriamahazo M., Ebene Onana C.Y., Ibrahima A., Komena K.B. & Razafindrandimby J., 2004 - *Concilier exploitation des ressources naturelles et protection de la forêt. Cas du Corridor Forestier de Fianarantsoa (Madagascar)*. Documents de Travail N°120, ICRA/CNRE/IRD, Fianarantsoa, 146p.
- Andrianjaka H.N., 2001 - *Valeur économique des produits forestiers autres que les bois, cas de la région d'Ambohitantely*. Programme évaluation économique des ressources naturelles à Madagascar. Document de travail, Programme ILO, ONE, USAID, CFSIGE, Fac DEGS Université d'Antananarivo, 25p.
- Andrianotahiananahary H., 2005 - *Etudes écologique et ethnobotanique de la diversité floristique des jachères du corridor forestier Ranomafana - Andringitra (Cas d'Ambendrana - Fianarantsoa)*. DEA en Ecologie Végétale Appliquée, Département de Biologie et Ecologie Végétales, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo. Programme GEREM Fianarantsoa (CNRE/IRD), 74p. + annexes.
- Angeon V. & Lardon S., 2003 - Dessiner et comprendre le territoire : quand le jeu devient un processus collectif d'apprentissage et de création. In *Les figures du projet territorial*. Eds de l'aube, Datar, pp.245-258.
- Anonyme, 1988 - *Notre avenir à tous*. Rapport Brundtland. Banque mondiale/AFTRI/Madagascar. 32p.
- Anonyme, 1999 - *La production de la banane et la superficie cultivée de bananier par province*. INSTAT/EPM/1999.
- Anonyme, 2004 - Le corridor Ranomafana-Andringitra. In *Journées de l'ATI Aires Protégées*. IRD, Document de travail, Orléans, pp.27-40.
- Anonyme, 2004 - *L'exportation de la banane*. site web: <http://www.cirad.fr/aide/mailto.shtml>, dernière visite: juin 2006.
- Arraudeau M., 1998 - *Le riz irrigué*. Paris, Maisonneuve et Larose, 321p.
- Aubert S., Razafiarison S. & Bertrand A. (eds.), 2003 - *Déforestation et systèmes agraires à Madagascar. Les dynamiques des tavy sur la côte orientale*. CIRAD, CITE, FOFIFA, Paris, Antananarivo, 210p.
- Awetto A.O., 1981 - Secondary succession and soil fertility restoration in South-Western Nigeria, I- Succession. *Journal of Ecology*, 69 : 601-607.
- Balent G., Alard D, Blanfort V. & Gibon A., 1998 - Activités de pâturage, paysages et biodiversité. *Annales de Zootechnie*, 47 : 419-429.
- Baltzer H., 2000 - Markov chain models for vegetation dynamics. *Ecological Modelling*, 126 : 139-154.
- Barthès B., Kouakoua E., Sala G.H., Hartmann C. & Nyeté B., 1996 - Effet à court terme de la mise en culture sur le statut organique et d'agrégation d'un sol ferrallitique argileux du Congo. *Canadian Journal of Soil Science*, pp.493-499.
- Beaujard P., 1983 - *Princes et paysans : les Tanala de l'Ikongo*. Editions L'Harmattan, Paris, 660p.
- Beaujard P., 1981 - Hiérarchie végétale, hiérarchie sociale à Madagascar, La place symbolique des tubercules et du riz et leurs origines à travers les mythes et les contes. *ASEMI*, XII(3-4) : 157-191.
- Bellefontaine R., Petit S., Pain-Orcet M., Deleporte P. & Bertault J.-G., 2001 - *Les arbres hors forêt. Vers une meilleure prise en compte*. CIRAD/FAO, Cahier FAO n 35, Rome, 214p.
- Bellon M.R., Pham J.L. & Jackson M.T., 1997 - Genetic conservation: a role for rice farmers. In *Plant Genetic Conservation*, M. Ford-Lloyd & Hawkes (eds.). Chapman & Hall, London, pp.263-289.
- Benoît M., Defontaine J.P. & Lardon S., 2006 - *Acteurs et territoires locaux. Vers une géoagronomie de l'aménagement*. Editions INRA, Collection Savoir-faire, Paris, 174p.

- Benoit M., Le Ber F. & Mari J.-F., 2001 - Recherche des successions de cultures et de leurs évolutions : analyse par HMM des données Ter-Utili en Lorraine. *Agreste Vision - La statistique agricole*, 31 : 23-30.
- Berchold A., 1988 - *Chaînes de Markov et modèles de transition. Applications aux sciences sociales*. Hermès, Paris.
- Berthaud J., 1997 - Valorisation de la biodiversité, ruralité, développement. In *La ruralité dans les pays du Sud à la fin du 20^{ème} siècle*. Editions ORSTOM, Paris, pp.631-638.
- Bertrand A. & Randrianaivo D., 2003 - Tavy et déforestation. In *Déforestation et systèmes agraires à Madagascar. Les dynamiques du tavy sur la côte orientale*, S. Aubert, S. Razafiarison & A. Bertrand (eds.). CIRAD, CITE, FOFIFA, Paris, Antananarivo, pp.9-30.
- Bertrand A. & Randrianarivo D., 2003 - Quelques questions actuelles sur la longue histoire des tavy et de la déforestation à Madagascar. In *Déforestation et systèmes agraires à Madagascar. Les dynamiques du tavy sur la côte orientale*, S. Aubert, S. Razafiarison & A. Bertrand (eds.). Collection Repères, Cirad, Cite, Fofifa, Montpellier, Antananarivo.
- Bertrand A., 1999 - La dynamique séculaire des plantations paysannes d'Eucalyptus sur les Hautes Terres malgaches. *Le Flamboyant*, 49 : 45-48.
- Bertrand A., Rabesahala-Horning N., Rakotovoao Andriankova S., Ratsimbarison R. & Andriantahiana V., à paraître - Les nouvelles idées de gestion locale des ressources renouvelables et le processus de promulgation de la loi -025. Histoire du cheminement d'une évolution majeure de la politique environnementale à Madagascar. In *Tanteza, le transfert de gestion à Madagascar ; dix ans d'efforts*, P. Montagne, Z. Razanamaharo & A. Cooke (eds.). Cite, Antananarivo.
- Besairie H., 1973 - *Précis de géologie malgache*. Annales de Géologie de Madagascar, XXXVI, 142p.
- Besson L., 1893 - Voyage au pays des Tanala indépendants de la région d'Ikongo. *Bull. Soc. Géog.*, 3^{em} tr. : 1-28.
- Bidou J.E., Droy I. & Fauroux E., 2006 - Communes et régions à Madagascar, de nouveaux acteurs engagés dans la gestion locale de l'environnement. In *Actes du colloque GECOREV*, Mai 2006, Paris.
- Binggeli P., 2003 - *Introduced and invasive plants. In The natural history of Madagascar*, S.M. Goodman and J.P. Benstead (eds.), The University of Chicago Press, Chicago & London. pp.257-268.
- Birkinshaw C. & Colquhoun I.C., 2003 - *Lemur food plants. In The natural history of Madagascar*, S.M. Goodman and J.P. Benstead (eds.), The University of Chicago Press, Chicago & London. pp.1207-1220.
- Blanc-Pamard C. & Milleville P., 1985 - Pratiques paysannes, perception du milieu et système agraire. In *Dynamique des systèmes agraires*. Editions ORSTOM, Collection A travers champs Agronomes et Géographes, Paris, pp.101-138.
- Blanc-Pamard C. & Rakoto-Ramiarantsoa H., 2006 - *La légitimité en questions : recompositions territoriales et politiques environnementales. Pratiques, acteurs, enjeux (corridor Betsileo-Tanala, Madagascar)*. GEREM IRD-CNRE. CNRS-EHESS-CEAf/Centre d'Etudes Africaines, ICOTEM Université de Poitiers.
- Blanc-Pamard C. & Rakoto-Ramiarantsoa H., 1993 - Les bas-fonds des hautes terres centrales de Madagascar : construction et gestion paysannes. In *Bas-fonds et riziculture*, M. Raunet (ed.). Actes du séminaire d'Antananarivo, 9-14 décembre 1991, CIRAD, pp.31-47.
- Blanc-Pamard C. & Ralaivita M., 2004 - *Ambendrana, un territoire d'entre deux. Conversion et conservation de la forêt. Corridor betsileo Madagascar*. Rapport GEREM Fianarantsoa-IRD-CNRE/CNRS-EHESS-CEAf, France.86p.
- Blanc-Pamard C. & Ruf F., 1992 - *La transition caféière, côte est de Madagascar*. Montpellier, France, CIRAD, Collection documents Systèmes agraires, n°16, 247p.
- Blanc-Pamard C., 1985 - Communautés rurales des hautes terres malgaches et gestion de l'eau. In *Développement agricole et participation paysanne. Un exemple : les politiques de l'eau*, G. Conac, C. Savonnet-Guyot & F. Connac (eds.). Economica, Paris, 767p.
- Blanc-Pamard C., 1986 - Dialoguer avec le paysage ou comment l'espace écologique est vu et pratiqué par les communautés rurales des Hautes Terres Malgaches. In *Milieus et Paysages*, Y. Chatelin & G. Riou (eds.). Edition Masson, Paris, pp.17-35
- Blanc-Pamard C., Rakoto-Ramiarantsoa H. & Andriantseheno D., 2005 - *Foncier et territoires entre pouvoirs locaux et politiques environnementales : pratiques, acteurs, enjeux (corridor betsileo, Madagascar)*. Rapport GEREM Fianarantsoa (IRD-CNRE), CNRS-EHESS-CEAf/Centre d'Etudes Africaines, ICoTEM Université de Poitiers, UR 168: France, 162p.
- Bodian A, Diatta M., Koït B., Donfack P. & Yossi H., 1998 - *Typologie des jachères et diversité végétale. Raccourcissement du temps de jachère, biodiversité et développement durable en Afrique centrale (Cameroun) et en Afrique de l'Ouest (Mali, Sénégal)*. Projet CEE N TS3-CT93-0220 CDG 12 HSMU), pp.37-45.
- Böhm W., 1979 - *Methods of studying root systems. Ecological studies* 33, Springer-Verlag, Berlin, 188p.

- Boiral P., Lanteri J.-F. et Olivier de Sardan J.-P., 1985 - *Paysans, experts et chercheurs en Afrique Noire, Sciences sociales et développement rural*. Editions KARTHALA et Ciface, France, 222p.
- Bonin M. & Lardon S., 2002 - Recomposition des exploitations agricoles et diversification des pratiques de gestion de l'espace. *Etud. Rech. Syst. Agraires Dév.*, 33 : 1-18.
- Bonin M., Caron P., Chéylan J.P., Clouet Y. & Thion P., 2001 - Territoire, zonage et modélisation graphique : recherche action et apprentissage. *GEOCARREFOUR (" Les territoires de la participation ")*, 73(3) : 241-252.
- Bouchard L., 1966 - *Etude pédologique de la région d'Alakamisy Ambohima, Province de Fianarantsoa*. Rapport de Stage ORSTOM, document IRAM n 93, 111p. + cartes.
- Bouchard L. & Le Buanec B., 1967 - *Etude pédologique de la zone d'extension des reboisements de la Haute-Matsiatra. Province de Fianarantsoa*. IRAM n 112, 65p. + annexes.
- Boulanger J. & Rantoanina M., 1957 - *Carte géologique de Fort-Carnot / Ambohimahasina*.
- Bourgeat F. & Aubert G., 1971 - *Les sols ferrallitiques à Madagascar*. ORSTOM Madagascar n°3.
- Bourgeat F. & Petit M., 1969 - Contribution à l'étude des surfaces d'aplanissement sur les Hautes Terres centrales malgaches. *Annales de géographie*, 48(426) : 158-188.
- Bourgeat F., 1972 - *Sols sur socle ancien à Madagascar. Types de différenciation et interprétation chronologique au cours du quaternaire*. ORSTOM, Paris, 335p.
- Brady N.C., 1996 - Alternatives to slash-and-burn: a global imperative. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 58 : 3-11.
- Brand J., Randrianarisoa D. & Rakotovo W.L., 1997 - L'impact des cyclones. *Cahiers Terre-Tany*, 6 : 19-33.
- Brechin S.R., Wilshusen P.R., Fortwangler C.L. & West P.C.; 2002 - Beyond the square wheel: toward a more comprehensive understanding of biodiversity conservation as a social and political process. *Society and Natural Resources*, 15 : 41-64.
- Bremont J. & Gelendan A., 1990 - *Dictionnaire économique et social*. Hatier, 5^{ème} édition, Paris, 420p.
- Brower E.J., Zar R.J. & Von Ende C.N., 1990 - *Fields and laboratory Methods for General Ecology*. W.C. Brown Publishers, 3^{ème} édition, Dubuque, 288p.
- Brunet R., 2005 - *Le développement des territoires. Formes, lois, aménagement*. Eds. de l'Aube, Paris, 95p.
- Brunet R., 1980 - La composition des modèles dans l'analyse spatiale. *L'Espace géographique*, 4 : 253-265.
- Burel F. & Baudry J., 1999 - *Ecologie du paysage. Concepts, méthodes, et applications*. Editions Tec et Doc, Paris, 359p.
- Burney D.A., 1997 - 3. Theories and facts regarding holocene environmental change before and after human colonization. In *Natural change and human impact in Madagascar*, S.M. Goodman & B.D. Patterson (eds.), Smithsonian Institution Press, Washington & London, pp.75-89.
- Callet F., 1908 - *Tantara ny Andriana eto Madagascar*. Académie Malgache, 2 Tomes, (Traduction française de CHAPUS G.S. et RATSIMBA E., Histoire des Rois d'Imerina, Tananarive, Académie Malgache), Tananarive.
- Capillon A. & Sébillotte M., 1980 - Etude des systèmes de production des exploitations agricoles. Une typologie. In *Caribbean Seminar on Farming Systems Methodology*, Pointe-à-Pitre, 4-8 mai 1980. ILCA-INRA, 1982, pp.85-111.
- Cardoso da Silva J.M., Uhl C., & Murray, G., 1996 - Plant succession, landscape management, and the ecology of frugivorous birds in abandoned Amazonian pastures. *Conservation Biology*, 10(2) : 491-503.
- Caron P., 2001 - Modélisation graphique et chorèmes. La gestion des parcours collectifs à Massaroca - (Brésil du Nordeste). *Mappemonde*, 62 : pp.2.
- Carrière S., Randriamalala J., Ificene E., Taton T. & Roche Ph., 2006 - *Rôle fonctionnel de la frugivorie pour le maintien de la biodiversité forestière dans les paysages ruraux malgaches : Le cas du corridor forestier Ranomafana-Andringitra (Madagascar)*. 3^{èmes} journées de l'Association Française d'Ecologie du Paysage, IALE-France : Le paysage à la croisée des sciences de la nature et des sciences humaines, 7-10 nov. 2006, Rennes.
- Carrière S., Randriambanona H., Ratsimisetra L., Gondard H. & Toillier A., 2004 - *Le transect inexploré du corridor : du Betsileo au Tanala*. Rapport de mission Octobre 2004, GEREM-Fianarantsoa, Antananarivo, Madagascar.
- Carrière S.M. & Randriambanona H., 2007 - Biodiversité introduite et biodiversité autochtone à Madagascar : antagonisme ou complémentarité ? Le cas de l'eucalyptus sur les hautes-Terres malgaches. *Bois et Forêts des Tropiques*, 292(2) : 5-21.
- Carrière S.M. & Randrianasolo E. Soumis. *Aires protégées et lutte contre les bioinvasions : des objectifs antagonistes ? Le cas de Psidium cattleianum Sabine (Myrtaceae) à Madagascar*.
- Carrière S.M. Andrianotahiananahary H., Ranaivoarivelo N. & Randriamalala J., 2005 - Savoirs et usages des recrus post-agricoles du pays Betsileo : valorisation d'une biodiversité oubliée à Madagascar. *VertigO*, 6(1) : 1-14.

- Carrière S.M., André M., Letourmy P., Olivier I. & McKey D.B. 2002b - Seed rain under isolated trees in a slash and burn agricultural system in southern Cameroon. *Journal of Tropical Ecology*, 18 : 353-374.
- Carrière S.M., Letourmy P. & McKey D.B. 2002a - Effects of isolated trees in fallows on diversity and structure of forest regrowth in a slash and burn agricultural system in southern Cameroon. *Journal of Tropical Ecology*, 18 : 375-396.
- Carrière-Buchsenschutz S.M., 2006 - L'urgence d'une confirmation par la science du rôle écologique du corridor forestier de Fianarantsoa. *Etudes Rurales*, 178 : 181-196.
- Casse T., Milhoj A., Ranaivoson S. & Randriamanarivo J.R., 2004 - Causes of deforestation in southwestern Madagascar : what do we know ? *Forest policy and economics*, 6 : 33-48.
- César J., 1991 - Typologie, diagnostic et évaluation de la production fourragère des formations pastorales en Afrique tropicale. *Fourrage*, 128, 423-442.
- Chabaud C., 1993 - Aménagement des bas-fonds sur les hauts plateaux malgaches. In *Bas-fonds et riziculture*, M. Raunet (ed.). Actes du séminaire d'Antananarivo, 9-14 décembre 1991, CIRAD, pp.429-435.
- Champion J., 1967 - *Les bananiers et leur culture. Tome 1 : botanique et génétique*. SECTO eds, CEDII Fianarantsoa, 180 p.
- Chantraine J., 1967 - *Géologie et prospection de la région Ambohimahaso-Fianarantsoa-Ifanadiana*. Service Géologique, Antananarivo. Notice +Cartes au 1/100000, feuille O53 et P53.
- Chapela Ignacio H., Osher L.J., Horton T.R. & Henn M.R., 2001 - Ectomycorrhizal fungi introduced with exotic pine plantation induce soil carbon depletion. *Soil Biology & Biochemistry*, 33 : 1733-1740.
- Chaperon P., Danloux J. & Ferry L., 1993 - *Fleuves et rivières de Madagascar*. Monographie hydrologique. IRD CD-rom.
- CIRAD et al., nd - *Le semis direct sur couverture végétale permanente à Madagascar*. Dossier n°2.
- CIRAD, 2006 - *Les plantations forestières à Madagascar*. <http://www.cirad.mg/fr/plantfor.php>.
- Claudius-Petit E., 1950 - Pour un plan national d'aménagement du territoire. In *Datar. Les grands textes de l'aménagement du territoire et de la décentralisation*, C. Alvergne & P. Musso (eds.). La Documentation française, Paris (2003), pp.130-134.
- Coadou le Brozec E., 2004 - *Diagnostic du risque érosif et de sa gestion au regard des pratiques paysannes. Etude menée à l'échelle d'un terroir aux lisières du corridor forestier de Fianarantsoa Madagascar*. DESS Gestion des Systèmes Agro-Sylvo-Pastoraux en Zones Tropicales. Faculté des Sciences et Technologie, Université Paris XII Val-de-Marne. Programme GERM Fianarantsoa (CNRE- IRD), 71p. + annexes.
- Colchester M., 2000 - Self-determination or environmental determinism for indigenous peoples in tropical forest conservation. *Conservation Biology*, 14(5) : 1365-1367.
- Collas de Chatelperron Ph. & Razafindrianilana N., à paraître - Impacts environnementaux des transferts de gestion. In *Tanteza, le transfert de gestion à Madagascar ; dix ans d'efforts*, P. Montagne, Z. Ražanamaharo & A. Cooke (eds). Cite, Antananarivo, 7p.
- Collectif, 1987 - *Le Tanala, la forêt et le tavy*. Musée d'art et d'archéologie, Université de Madagascar, 210p.
- Collectif, 2001 - *Monographie de la région du Centre Est*. Unité de Politique pour le Développement Rural, Repoblikan'i Madagasikara, 258p.
- Collectif, 2003 - *Capitalisation des acquis sur la gestion durable du corridor Ranomafana - Andringitra - Ivohibe*. Comité Multi- local de la Planification de Fianarantsoa, CD Rom.
- Conservation International, 2002 - *Carte de la déforestation (Madagascar)*. Antananarivo, Ed CI.
- Cornet A., 1974 - *Carte bioclimatique de Madagascar, Notice n°55*. ORSTOM Editions, 27p. + annexes.
- Cornet A., 1973 - Essai de cartographie bioclimatique à Madagascar. *Terre malgache/Tany Malagasy*, 15 : 1-13
- Coste R., 1998 - *Le technicien d'agriculture tropicale : Le riz irrigué*. Editions Maisonneuve et Larose, Tome I et II, Paris, 659p.
- Coulaud D., 1973 - *Les Zafimaniry, un groupe ethnique de Madagascar à la poursuite de la forêt*. Fanontamboky Malagasy, Antananarivo, 385p.
- Couty P., 1992 - Les monographies de terroir. In *Les terrains du développement*, C. Robineau (ed.) Editions ORSTOM, Paris.
- Da Lage A. & Métaillé G., 2000 - *Dictionnaire de biogéographie végétale*. CNRS Editions, Paris, 579p.
- Daget & Poissonet J., 1971 - Une méthode d'analyse phytologique des prairies, critères d'application. *Ann. Agron.*, 22(1) : 5-41.
- Daget P. & Godron M., 1995 - *Pastoralisme. Troupeaux, espaces et sociétés*. Hatier-Aupel/Uref, France, 510p.
- Daget Ph. & Godron M.; 1982 - *Analyse fréquentielle de l'écologie des espèces dans les communautés*. Masson, collection d'écologie, Paris, 164 p.

- Daget Ph., Ickowicz A. & Mbaye M., 1999 - Evaluer la densité des ligneux par la méthode des distances ? Un problème. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 52(3-4) : 263-266.
- Dajoz R., 2000 - *Précis d'écologie*. Dunod, 7^{ème} édition, Paris, 615p.
- De Datta S.I., 1981 - *Principles and practices of plant production*. Wiley interscience publications. 618p.
- De Rouw A., 1991 - The invasion of *Chromolaena odorata* (L.) King & Robinson (ex. *Eupatorium odoratum*), and competition with the native flora, in a rain forest zone, South-west Côte d'Ivoire. *Journal of Biogeography*, 18 : 13-15.
- Deffontaines J.-P. & Thion P., 2001 - Des entités spatiales significatives pour l'activité agricole et pour les enjeux environnementaux et paysagers. Contributions à une agronomie du territoire. *Courrier de l'environnement de l'INRA*, 44 : 13-28.
- Delenne M. Pelletier F., 1980 - *Conditions géographiques de la mise en valeur agricole de Madagascar. Thème 1 : potentiel des unités physiques à 1/1000000*, ORSTOM Bondy, Feuille Sud.
- Delpy (Lntt), 1903 - *Levé de reconnaissance de la région Sud-Ouest d'Ilanadiana et de Ambohimahaso*. 2 cartes 1/80000 (Arc. Nation.).
- Dembélé F., 1996 - *Influence du feu et du pâturage sur la végétation et la biodiversité dans les jachères en zone soudanienne-nord. Cas des jeunes jachères du terroir de Missira (Cercle de Kolokani), Mali*. Centre L. Emberger CEFÉ/CNRS, France, 179p.
- Deschamps H., 1959 - *Les migrations intérieures de Madagascar*. Berger-Levrault, Paris, 275p.
- Deschamps P.Y., Herman M. & Tanre D., 1981 - Influence de l'atmosphère en télédétection des ressources terrestres. Modélisation et possibilités de correction ". In *Colloque Signatures spectrales d'objets en télédétection*. INRA, Avignon, pp.543-558.
- Descola P., 2006 - *Par-delà nature et culture*. Gallimard, Paris, 618p.
- Desjardins Th., Lavelle P., Barros E., Brossard M., Chapuis L., Chauvel A., Grimaraes M., Martins P., Mitja D., Müller M., Tavares-Filho M. & Topall O., 2000 - *Etude de gestion de sol*. Numéro spécial, pp. 353-378.
- Dewar R., & Cannel M.G.R., 1991 - *Carbon sequestration in the trees, products and soils forest plantation: analysis using in UK examples*. 15p.
- Direction des Eaux et Forêts (DEF), 1994 - *Inventaire Ecologique Forestier National au 1/200000*. basé sur image Landsat 1993. Carte FTM.
- Direction Régionale des Eaux et Forêts, Equipe Miray & Conservation Internationale, 2002 - *Guide du transfert de gestion des ressources forestières*. DIREEF, Antananarivo, Madagascar, 57p.
- Dobermann A., 2004 - A critical assessment of the system of rice intensification (SRI). *Agricultural Systems*, 79 : 261-281.
- Donfack P., 1998 - *Végétation des jachères du Nord Cameroun. Typologie, diversité, dynamique, production*. Université de Yaoundé 1, 225p.
- Donque G., 1971 - *Contribution géographique à l'étude du climat de Madagascar*. Nouvelle imprimerie des arts graphiques, Antananarivo, 478p.
- Doré T., Sebillotte M. & Meynard J.M., 1997 - A diagnosis method on regional crop yield variations. *Agricultural systems*, 54 (2) : 169-188.
- Dounias E., 1993 - *Dynamique et gestion différentielles du système de production à dominante agricole des Mvae du Sud-Cameroun forestier*. Thèse de Doctorat option Botanique Tropicale Appliquée, Sciences et Techniques du Languedoc, Université Montpellier II, 646p.
- Dransfield J. & Beentje R.J., 2006 - *Ravenea robustior*. IUCN Red List of Threatened Species. 1998 Downloaded on 01 February 2007. [cited; Available from: www.iucnredlist.org]
- Du Puy D., 2006 - *Dalbergia baronii*. IUCN Red List of Threatened Species. 1998 Downloaded on 01 February 2007. [cited Available from: www.iucnredlist.org]
- Dubois H.-M., 1938 - *Monographie des Betsileo (Madagascar)*. Paris: Université de Paris, Institut d'Ethnologie, Travaux et Mémoires de l'Institut d'Ethnologie n XXXIV, 1510p.
- Dubois H.M., 1939 - *Quinze cents pages sur le Betsileo*. Extrait de Chine - Ceylan - Madagascar, Lille, juin 1939, n 132.
- Dufils J.-M., 2003 - Chapter 4. Forest ecology. In *The natural history of Madagascar*, S.M. Goodman & J.P. Benstead (eds.). The University of Chicago Press, Chicago & London, pp.88-96.
- Dufournet R., 1972 - *Régimes thermiques et pluviométriques des différents domaines climatiques à Madagascar*. Document n 40, IRAT, Madagascar, 84p.
- Dupré G. (sous la direction de), 1991 - *Savoirs paysans et développement*. Editions KARTHALA et ORSTOM, Paris, 524p.

- Dutreute G., Koussou O. & Leteuil H., 2000 - *Une méthode d'analyse des filières*. Document de travail, CIRAD, 35 pages.
- E.R.I., 2005 - *Madagascar ecoregional initiatives to promote alternatives to slash and burn practices (ERI work plan 2004-2005)*. Develop. Alternatives Inc., Bethesda Maryland, 57p. + annexes
- Eaux et Forêts Madagascar - *Carte forestière de 1937* (P53, Ifanadiana, 1/100000).
- Ecoregional Alliance, 2006 - *Plan d'Action Année 2006*. Ecoregional Initiatives/USAID à Fianarantsoa.
- Ellert & Bettany J.R., 1995 - Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. *Canadian journal of soil science*, pp.529-837.
- Elli L., 1993 - *Une civilisation du bœuf. Les Bara de Madagascar*. Difficultés et perspectives d'une évangélisation. Editions Ambozontany, Fianarantsoa. 223p.
- Ellis F., 2000 - *Rural livelihoods and diversity in developing countries*. Oxford university press, Oxford.
- Empereire L. (ed.), 1996 - *La forêt en jeu. L'extractivisme en Amazonie centrale*. Paris, ORSTOM, UNESCO, Collection Latitudes 2 3, 230p.
- FAO, 1998 - *Rapport sur l'état des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde*. FAO, Rome, pp.1-5.
- FAO, 2000 - <http://www.fao.org/docrep/meeting/003/X8784f.htm>.
- FAO, 2001 - *State of the world's forests*. FAO, Rome.
- FAO, 2005 - *Evaluation des ressources forestières mondiales (ERF) 2005. Les 15 résultats principaux*. <http://www.fao.org/forestry/foris/data/fra2005/kf/common/GlobalForestA4-FRsmall.pdf>.
- Faramalala M.H., 1995 - *Formations végétales et domaine forestier national à Madagascar*. 1/1000000.CI, DEF, CNRE, FTM (images Landsat MSS 1972-1979).
- Figier J. & Souleres O., 1991 - Le problème des exotiques envahissantes. *Bois et Forêts des Tropiques*, 229 : 31-34.
- Fillonneau C. & Milleville P., 1988 - Enquêtes agronomiques en milieu rural tropical. In *Les cahiers de la formation professionnelle à la recherche en milieu rural des régions chaudes*, pp.1-48.
- Fillonneau C., 1994 - Pour une articulation des recherches en agronomie en milieu contrôlé et en milieu paysan : problèmes et perspectives. In *Systèmes agraires et agriculture durable en Afrique subsaharienne*, Séminaire régional, 7-11 février 1994, Cotonou. Stockholm, IFS, 583 : 606.
- Flamm R.O. & Turner M.G., 1994 - Alternative formulation for a stochastic simulation of landscape. *Landscape Ecology*, 9(1) : 37-66.
- Floret C. & Pontanier R., 1982 - *L'aridité en Tunisie présaharienne*. Travaux et Documents de l'ORSTOM n 150, Paris, 554p.
- FOFIFA, 1990 - *Bilan des recherches agricoles à Madagascar*. MRSTD, 356p.
- Freudenberger K. & Deeg A., 2000 - *Résultats des recherches qualitatives. " analyse des impacts du système ferroviaire FCE sur l'économie régionale*. Volume 3. Projet d'Appui à la Gestion de l'Environnement/IRG.
- Freudenberger K., 1995 - *Droits fonciers et propriété de l'arbre et la terre : outils de diagnostic rapide*. Rome : FAO. Foresterie communautaire. Manuel de Terrain.
- Freudenberger K., nd - *Tree and land tenure : using rapid appraisal to study natural resource management : a case study from Anivorano, Madagascar*. FAO. Forests, Trees and People Programme. Community Forestry Case Study n°10.
- Freudenberger K.S., 1999 - *Course pour le corridor. Une étude sur l'économie familiale et la gestion de ressources naturelles dans la commune d'Ikongo, Madagascar*. Rapport d'une étude de cas basée sur la recherche MARP. LDI, CIFOR, 81p.
- Freudenberger K.S., Ravelonahina J. & Whyner D., 1999 - *Le corridor coincé. Une étude sur l'économie familiale et la gestion de ressources naturelles dans la commune d'Alatsinainy lalamarina, Madagascar*. Rapport d'une étude de cas basée sur la recherche MARP. LDI, 60p.
- Freudenberger S. & Freudenberger S., 2002 - Contradictions in Agricultural Intensification and Improved Resource Management: Issues in the Fianarantsoa Forest Corridor of Madagascar. In *Natural Resources Management in African Agriculture : Understanding and Improving Current Practices*, C.B. Barrett, F. Place & A.A. Aboud. (eds.). CABI Publishing, New York, pp.181-192.
- Freudenberger S., 2001 - *Fianarantsoa Regional Transport and Port of Manakara Rehabilitation Study*. Landscape Development Interventions Project/USAID.
- Friedberg C., 1968 - Les méthodes d'enquête ethnobotanique : comment mettre en évidence les taxonomies indigènes ? *JATBA*, XV(7-8) : 297-324.
- Friedberg C., 1974 - Les processus classificatoires appliqués aux objets naturels et leur mise en évidence : Quelques principes méthodologiques. *Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée*, XXI(10-12) : 313-334.

- Frontier S. & Pichod Viale D., 1998.- *Ecosystèmes : structure, fonctionnement, évolution*. Dunod, Paris, 445p.
- FTM, 1956-1974 - *Cartes au 1/100000 et 1/500000* (O53, O54, P53, P54) à partir des photos aériennes 1954-1957.
- Gannon F. & Sandron F., 2006 - *Diffusion d'une innovation avec révision des croyances individuelles*. Travaux et documents du programme de recherche " Dynamique démographique et développement durable dans les Hautes Terres malgaches, n°10, IRD, Antananarivo, 26p.
- Ganzhorn J.U., Goodman S.M. & Dehgan A., 2003 - Effects of forest fragmentation on small mammals and lemurs. In *The natural history of Madagascar*, S.M. Goodman & J.P. Benstead (eds.). The University of Chicago Press, Chicago & London, pp.1228-1234
- Gausson H., 1988 - Végétation. In *Encyclopedia Universalis*. Corpus 18, Paris, pp.673-675
- Geldenhuis C.J., 1997 - Native forest regeneration in pine and eucalypt plantations in Northern Province, South Africa. *Forestry Ecology and Management*, 99: 101-115.
- Génin D., Elloumi M. & Picouet M., 2002 - Modes de représentations des stratégies familiales en milieu rural. Une approche méthodologique. In *Environnement sociétés rurales en mutation. Approches alternatives*, M. Picouet, S. Mongi, D. Genin, A. Abaab, H. Guillaume & M. Elloumi (eds). IRD Editions, Paris, pp.63-78.
- Gioda A., Baladon A.A., Fontanel P., Martin Z.H. & Santos A., 1992 - L'arbre fontaine. *La Recherche*, 23(249) : 208-215.
- Glachant M. & Leveque F., 1993 - *L'enjeu des ressources génétiques végétales*. Les éditions de l'environnement, Paris, 209p.
- Gondard H., Ranaivoarivelo N. & Rakotoarimanana V., 2004 - *Dynamique des savanes herbeuses en lisière du corridor forestier reliant le Parc National de Ranomafana et le Parc National d'Andringitra région de Fianarantsoa, Madagascar*. Rapport de mission 1^{er} octobre - 26 décembre 2004, IRD/GEREM Fianarantsoa/CNRE, Antananarivo, 40p.
- Gondard-Delcroix C. & Rousseau S., 2004 - Vulnérabilité et stratégies durables de gestion des risques : Une étude appliquée aux ménages ruraux de Madagascar. *Développement Durable et Territoires* Dossier 3 : Les dimensions humaine et sociale du Développement Durable. Mis en ligne le 20 février 2004. Disponible sur : <http://developpementdurable.revues.org/document1143.html>.
- Goodman S. M. & Ratsirarson J., 2000 - Chapitre XI. Ecologie des Hauts Plateaux : changement de la communauté, biogéographie et les effets de l'isolation et de la fragmentation. *Recherches pour le Développement, série Sciences Biologiques*, 16 : 131-141.
- Goodman S.M. & Benstead J.P. (eds.), 2003 - *The natural history of Madagascar*. the University of Chicago Press, Chicago, London, 1709p.
- Goodman S.M. & Rakotoarisoa J.-A., 1998 - Un regard sur l'utilisation historique et sur la régénération des habitats naturels à Madagascar. *Akon'ny Ala*, 24 : 3-4.
- Goodman S.M. & Razafindratsita V.K, 2001 - *Inventaire biologique du Parc National de Ranomafana et du couloir forestier qui relie au Parc National d'Andringitra*. Antananarivo: CIDST, Recherches pour le Développement n 17, 243p.
- Gounot M., 1969 - *Méthodes d'étude quantitative de la végétation*: Masson, Paris.
- Gourou P., 1967 - *Madagascar, cartes de densité et de localisation de la population*. CEMUBAC et ORSTOM, Paris.
- Grandidier A., 1875 - *Carte forestière de Madagascar*. Archives Fond Grandidier.
- Green G.M. & Sussman W.S., 1990 - Deforestation history of the eastern rain-forests of Madagascar from satellite images. *Science*, 248 : 212-215.
- Greene J.C., Benjamin L. & Goodyear L., 2001 - The merits of mixing methods in evaluation. *Evaluation*, 7(1) : 25-44.
- Greig & Smith P., 1964 - *Quantitative plant ecology*. Butterworths, 2nd edition, London Great Britain.
- Grenand P., 1992 - The use and cultural significance of the secondary forest among the Wayapi Indians. In *Sustainable harvest and marketing of rain forest products*, M. Plotkin & L. Famolare (eds.): Island Press, Washington DC, pp.27-40.
- Griffon M., 1990 - *Economie des filières en région chaude, formation des prix et échanges agricoles*. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, ESSA, 887p.
- Grouzis M., 1988 - *Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (Mare d'Oursi, Burkina Faso)*. ORSTOM, Paris, 336p.
- Guevara S. & Laborde J., 1993 - Monitoring seed dispersal at isolated remnant trees in tropical pastures: consequences for local species availability. *Vegetatio*, 107/108 : 319-338.
- Hagen R., Raharison R., Rarivomanana P. & Rajaonson B., 2000 - *L'évaluation des projets pilotes d'aménagement des forêts naturelles à Madagascar*. Direction générale des eaux et forêts, DGEF, Antananarivo, 55p.

- Haggstrom O., 2002 - *Finite Markov Chains and Algorithmic Applications*. Cambridge University Press, UK.
- Hakan A., Condron L.M., Clarholm M. & Murray R.D., 1998 - Changes in soil acidity and organic matter following the establishment of conifers on former grassland in New Zealand. *Forest Ecology and Management*, 112 : 245-252.
- Hallé F., 1986 - Un système d'exploitation ancien mais une interface scientifique nouvelle l'agroforesterie dans les régions tropicales. In *Milieux et paysages*, Y. Chatelain & Riou G. (eds.). Recherche en géographie, Masson, Paris.
- Happold D.C.D., 1995 - The interactions between humans and mammals in African relation to conservation : a review. *Biodiversity and conservation*, 4 : 395-414.
- Harper J., 2002 - *Endangered species. Health, illness, and death among Madagascar's people of the forest*. Carolina Academic press. Ethnographic studies, Durham, 272p.
- Heinrich D. & Hergt D., 1990 - *Atlas de l'écologie*. La Pochotèque. 281p.
- Herimandimby V. & Méral P., à paraître - Quels indicateurs économiques pour l'évaluation des transferts de gestion. In *Tanteza, le transfert de gestion à Madagascar ; dix ans d'efforts*, P. Montagne, Z. Razanamaharo & A. Cooke (eds). Cite, Antananarivo, 7p.
- Hervé D. & Treuil J.P., 2005 - *Modélisation Environnement Madagascar (MEM)*. Ecole de Modélisation Environnementale (IRD - CIRAD) et Atelier de Modélisation Environnementale (IRD - CNRE - Université de Fianarantsoa), Montpellier France, IRD (CD-ROM).
- Hiernaux P., 1998 - Effects of grazing on plant species composition and spatial distribution in rangelands of the Sahel. *Plant Ecology*, 138 : 191-202.
- Huenneke L.F. & Vitousek P.M., 1990 - Seedling and clonal recruitment of the invasive tree *Psidium cattleianum* : implications for management of native hawaiian forests. *Biological Conservation*, 53 : 199-211.
- Hugues T., 1985 - *Le bananier plantain, collection : le technicien d'agriculture tropicale*. CEDII Fianarantsoa, Paris, 96p.
- Humbert H. & Cours Dame G., 1965 - *Notice de la carte Madagascar. Carte Internationale du Tapis Végétal et des Conditions Ecologiques à 1/1 000 000è*. CNRS/ORSTOM. Extrait des Travaux de la Section Scientifique et Technique de l'Institut Français de Pondichéry, h.s. n 6, 82p. + 3 cartes.
- Humbert H., 1927 - La destruction d'une flore insulaire par le feu. Principaux aspects de la végétation à Madagascar. *Mémoire de l'Académie Malgache*, fasc. IV : pp.47.
- Humbert H., 1955 - Les territoires phytogéographiques de Madagascar. In *Colloques internationaux du CNRS. Les divisions écologiques du monde*. Paris.
- Husson O. & Rakotondramanana, 2006 - *Mise au point, évaluation et diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar*. Groupement Semis Direct de Madagascar et CIRAD.
- Ifticène E., 2005 - *Analyse paysagère du terroir betsileo en lisière du corridor forestier Ranomafana-Andringitra. Fianarantsoa-Madagascar*. Master 2R Biodiversité et Ecologie. Université d'Aix-Marseille III, Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléocécologie. UMR 6116 du CNRS, Programme GEREM Fianarantsoa (CNRE/IRD), 36p.
- INSTAT, 1997 - *Recensement général de la population et de l'habitat*. Vol 2. Rapport d'analyse tome.V Migration. Antananarivo, INSTAT, 133p.
- IPCC, 2001 - *Bilan 2001 des changements climatiques*. Rapport de synthèse, 205p.
- IUCN/UNEP/WWF, 1991. *Caring for the Earth: a Strategy for Sustainable Living*. IUCN/UNEP/WWF, Gland, Switzerland.
- Jarvis D. & Hodgkin T., 2000 - Farmer decision making and genetic diversity. In *Genes in the Field: On-Farm Conservation of Crop Diversity*, Brush (ed.). IDRC/IPGRI, pp.261- 278.
- Jenn-Treyer O., Dabat M.H. & Grandjean P., 2006 - Une deuxième chance pour le système de riziculture intensive à Madagascar ? La recherche d'un compromis entre gain de productivité et investissement en facteur de production. In Colloque international "Dynamiques rurales à Madagascar : perspectives sociales, économiques et démographiques", Antananarivo, 15-17 novembre 2006.
- Jury M.R., 2003 - The climate of Madagascar. In *The natural history of Madagascar*, S.M. Goodman & J.P. Benstead (eds.). The University of Chicago Press, Chicago & London, pp.75-87.
- Kaimovitz, 2003 - De Rio à Johannesburg et au-delà: la conservation des forêts et moyens d'existence des populations rurales de l'hémisphère sud. In *Des forêts pour la planète*, Actes du 12^{ème} congrès forestier mondial. Quebec, Canada.21-28 sept. 2003, pp.11-20
- Katalyn K., 1994 - *Le développement local : réflexion pour un développement théorique du concept*. Edition l'Harmattan, 180p.

- Ketterings Q.M., Coe R., Van Noordwijk M., Ambagau Y. & Palm C.A., 2001 - Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forest. *Forest Ecology and Management*, 146 : 199-209.
- Kew Garden, sous presse - *Carte de la végétation de Madagascar au 1/200000*.
- Koechlin J., Guillaumet J.L. & Morat P., 1974 - *Flore et végétation de Madagascar*. J Cramer, Vaduz, 686p.
- Kull C.A., 2004 - Isle of fire. *The political ecology of landscape burning in Madagascar*. The Univ. of Chicago Press, Chicago and London, 324p.
- Labat J.N., 1995 - Biogéographie, endémisme et origine des Leguminosae-Papilionoideae de Madagascar. In *Biogéographie de Madagascar*, W.R. Lourenço (ed.). ORSTOM Editions, Paris, pp.95-108.
- Ladet S., Deconchat M., Monteil C., Lacombe J.P. & Balent G., 2005 - Les chaînes de Markov spatialisées comme outil de simulation. *Revue de géomatique*, 15 : 159-173.
- Landzer A.T.S & Fillar V.D., 2002 - Probabilistic cellular automata model and application to vegetation dynamics. *Community Ecology*, 3(2) : 159-167.
- Langrand O., 1995 - *Guide des oiseaux de Madagascar*. Delachaux et Niestlé, Paris, 415p.
- Laulanié H. de, 1991 - *Pour une riziculture scientifique construite sur le schéma de tallage de Katayama*. Lakroa Fianarantsoa, n 2724, 2725, 2726.
- Laulanié H. de, 2003 - *Le riz à Madagascar. Un développement en dialogue avec les paysans*. Editions Ambozontany, Antananarivo, et Karthala, Paris, 288 p.
- Le Bourdiac F., 1974 - *Hommes et paysage du riz à Madagascar*. FTM, Antananarivo, 648p.
- Leach M., Mearns R. & Scoones I., 1997 - Challenges to community-based sustainable development. *IDS Bulletin*, 28(4) : 4-14.
- Leach M., Mearns R. & Scoones I., 1999 - Environmental entitlements: dynamics and institutions in community based natural resource management. *World development*, 27(2) : 225-247.
- Lee E.W.S., Hau B.C.H. & Corlett R.T., 2005 - Natural regeneration in exotic tree plantation in Hong Kong, China. *Forest Ecology and Management*, 212: 358-366.
- Legendre L. & Legendre P., 1984 - *Ecologie numérique*. 2^{ème} édition. Editions Masson, Vol. 2, Paris, 335p.
- Leroy E., Karsenty A. & Bertrand A., 1996 - *La sécurisation foncière en Afrique : pour une gestion viable des ressources renouvelables*. Editions Karthala, Paris, 388p.
- Leutwiler H., 2005 - *Visions, stratégies et suggestions pour l'électrification rurale*. ITECO et Ecoregional Initiatives USAID à Fianarantsoa.
- Levang P. & Grouzis M., 1980 - Méthode d'étude de la biomasse herbacée des formations sahéniennes : application à la Mare d'Oursi, Haute-Volta. *Acta Oecologica, Oecol. Plant*, 1(15), 3 : 231-244.
- Levet J., 2006 - *Etude de faisabilité d'une installation micro hydro-électrique pour la Commune Rurale de Tolongoïna - Madagascar*. GRETE et Ecoregional Initiatives USAID Madagascar.
- Lévy J. & Lussault M. (dir.), 2003 - *Dictionnaire de la géographie*. Belin, Paris, 1034p.
- Lippe E., Desmidt J.T. & Glena Lewin D.C., 1985 - Markov models and succession: a test for heathland in the Netherlands. *Journal of Ecology*, 73 : 775-791.
- Locatelli B., 2000 - *Pression démographique et construction du paysage rural des tropiques humides. L'exemple de Mananara (Madagascar)*. Thèse de doctorat de l'Engref : spécialité Science de l'Environnement. Cirad.
- Locatelli B., Boissau S. & Weber J., 2004 - Does population growth affect wooded-cover dynamics ? in *Beyond tropical deforestation. From tropical deforestation to forest cover dynamics and forest development*, Babin (ed.). UNESCO/CIRAD, Paris, pp.135-150.
- Loumeto J.J & Huttel C., 1997 - Understory vegetation in fast tree plantations on savanna soils in Congo. *Forestry Ecology and Management*, 99 : 65-81.
- Lowry II. P.P., Schatz G.E. & Phillipson P.B., 1997.- The classification of natural and anthropogenic vegetation in Madagascar. In *Natural change and human impact in Madagascar*, S.M. Goodman & B.D. Patterson (eds.). Smithsonian Institution Press, Washington DC, pp. 93-123
- Lugo A.E., 1992 - Tree plantations for rehabilitating damaged forest lands in the tropics. In *Ecosystem rehabilitation*, M.K. Wali (ed.). SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands.
- Luijten J.C., 2002 - A systematic method for generating land use patterns using stochastic rules and basic landscape characteristics: results for a Colombian hillside watershed. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 95 : 427-441.
- Manlay R., 1994 - *Jachère et gestion de la fertilité en Afrique de l'ouest : suivi de quelques indicateurs agro-écologiques dans deux sites du Sénégal*. Rapport de stage de D.E.A., Université de droit, d'économie et des sciences de Marseille, 69p.

- Marcano-Vega H., Aide T.M. & Baez D., 2002 - Forest regeneration in abandoned coffee plantations and pastures in the cordillera central of Porto Rico. *Plant Ecology*, 161 : 75-87.
- Marchenay P., 1986 - *A la recherche des variétés locales des plantes cultivées, Guide méthodologique*. Groupe de recherche et de développement sur le patrimoine génétique animal et végétal de la région Provence - Alpes, Cote d'Azur, Conservatoire botanique de Porquerolles, 211p.
- Mathieu P., 1998 - Population, pauvreté et dégradation de l'environnement en Afrique. : fatale attraction ou liaisons hasardeuses ? *Nature, Sciences, Sociétés*, 6 (3) : 27-34.
- Mauremootoo L. & Rodriguez L., 2005 - *Global invasive species database*. Mauritian Wildlife Fondation & Invasive Species Specialist.
- Mc Intosh P.D., Allen R.B. & Scott N., 1997 - Effects of enclosure and management on biomass and soil nutrient pools in seasonally dry high country, New Zealand. *Journal of Environmental Management*, 51 : 169-186.
- Mermet L., 1991 - Dans quel sens pouvons-nous gérer l'environnement ? Gérer et comprendre - *Annales des Mines*, pp.68-81.
- Metailié G., 1992 - Ethnobotanique et ressources génétiques : approches complémentaires du monde végétal. In *Complexes d'espèces, flux de gènes et ressources génétiques des plantes*, Acte du colloque international, Paris 8-10 janv. Publication du BRG, pp.447-454.
- Meyers D., Ramamonjisoa B., Seve J., Tajafindramanga M. & Buren C., 2007 - *Etude sur la consommation et la production en produits ligneux*. Jariala, minenvef, LEG, Usaid, 93p.
- Michelsen A., Lisanewok N. & Friis I., 1993 - Impacts of tree plantation in the Ethiopian highland on soil fertility, shoot and root growth, nutrient utilisation and mycorrhizal colonisation. *Forest Ecology and Management*, 61 : 299-324.
- Michener V., 1998 - The participatory approach : contradiction and co-option in Burkina Faso. *World development*, 26 : pp.12.
- Michon G., 2003 - Sciences sociales et biodiversité : des problématiques nouvelles pour un contexte nouveau. *Natures Sciences Sociétés*, 11 : 421-431.
- Michon G., Moïzo B., Verdeaux F., Foresta (de) H., Aumeeruddy Y., Gely A. & Smektala G., 2003 - Vous avez dit déforestation ? *Bois et Forêts des Tropiques*, 278 (4) : 3-11.
- Milleville P., 2000. *Transitions agraires et dynamiques écologiques*. Présentation détaillée du projet scientifique de l'UR 100. Paris, IRD, mult.
- Mitja D. & Hladik A., 1989 - Aspects de la reconstitution de la végétation dans deux jachères en zone forestière africaine humide (Makokou, Gabon). *Acta Oecologica*, 10(1) : 75-94.
- Mitja D. & Puig H., 1991 - Essartage, culture itinérante et reconstitution de la végétation dans les jachères en savane humide de Côte-d'Ivoire (Booro-Borotou, Touba). In *La jachère en Afrique de l'Ouest*, C. Flôret & G. Serpantié (eds.). Editions de l'ORSTOM, Colloques et Séminaires, Paris, pp.377-392.
- Mittermeier R.A., Konstant W.R., Hawkins F., Louis E.E., Langrand O., Ratsimbazafy J., Räsoloarison R., Ganzhorn J.U., Rajaobelina R., Tattersal I., Meyers D.M. & Nash S.D., 2006 - *Lemurs of Madagascar*. Conservation international, Washington D.C., 520p.
- Montagne P. & Ramamonjisoa B., 2006 - Politiques forestières à Madagascar entre répression et autonomie des acteurs. *Economie Rurale*, 294-295 : 9-26.
- Montagne P., 2004 - *Analyse rétrospective du transfert de gestion à Madagascar et aperçu comparatif des axes méthodologiques des transferts de gestion sous loi -96025 et sous décret 2001-122*. Contribution à l'étude " Evaluation et perspectives des transferts de gestion des ressources naturelles dans le cadre du programme environnemental 3 " URP Forêts et Biodiversité. Antananarivo, 53p.
- Morat P., 1969 - Note sur l'application à Madagascar du quotient pluviométrique d'Emberger. *Cahiers ORSTOM, sér. Biol.*, 10 : 117-132.
- Morat P., 1973 - *Les savanes du Sud-Ouest de Madagascar*. ORSTOM, Paris, 235p.
- Moreau D., 1987 - *L'analyse de l'élaboration du rendement du riz. Les outils de diagnostic*. GRET, Paris, 125p.
- Moreau S., 2002 - *Les gens de la lisière. La forêt, l'arbre et la construction paysanne Sud-Betsileo, Madagascar*. Thèse de doctorat en Géographie. Ecole doctorale II Milieu, cultures et sociétés du passé et du présent " : Université Paris X, 667p.
- Moreau S., 2005 - Logique patrimoniale et conservation de la forêt. L'exemple de la forêt d'Ambondrombe, Sud-Betsileo, Madagascar. In *Patrimoines naturels au sud. Territoires, identités et stratégies locales*, M.C. Cormier-Salem, D. Julie Beaulaton, J. Boutrais & B. Roussel (eds.). IRD Editions, Paris.
- Moreau S., 2006 - Les territoires de la forêt. In *Acte du colloque GECOREV*, Mai 2006, Paris
- Moser C.M. & Barret C.B., 2003 - The disappointing adoption dynamics of a yield-increasing, low external input technology : the case of SRI in Madagascar. *Agricultural Systems*, 76 : 1085-1100.

- Moser C.M., 2002 - Les limites du système de riziculture intensif et les leçons apprises pour la promotion des technologies agricoles à Madagascar. *Cahier d'études et de recherches en économie et sciences sociales*, n°4, FOFIFA, Antananarivo.
- Mottet G., 1960 - Exploitation forestière en zone de reboisement. In *Atlas de Madagascar*. Association des géographes, Antananarivo.
- Muttenzer F., 2001 - La mise en oeuvre de l'aménagement forestier négocié, ou l'introuvable gouvernance de la biodiversité à Madagascar. *Bulletin du LAJP*, 26 : 91-129.
- Myers N., Mittermeier R., Mittermeier C.G., da Fonseca G.A.A. & Kent J., 2000 - Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403 : 853-858.
- Ngenzi A. & Mietton M., 1995 - Occupation du sol et pratiques culturales en fonction de la pente. Stratégies antiérosives paysannes au Rwanda. *Bulletin de l'érosion*, 15 : 31- 43.
- Nicholls H., 2004 - The conservation business, *pl. Biology*, 2(9) : 1256-1259.
- OIBT, 2003.- *Accès aux marchés des bois tropicaux*. Rapport soumis au Conseil National des bois tropicaux à sa 33^{ème} session, Organisation Internationale des Bois Tropicaux, Yokohama, Japon.
- OMM, 2003 - *Le climat de demain*. Rapport OMM - n°952, Genève Suisse. 36p.
- ORSTOM/UNESCO 1983 - *Ecosystèmes forestiers tropicaux d'Afrique*. ORSTOM, Paris, 473p.
- Otsamo R., 2000 - Secondary forest regeneration under fast-growing forest plantations on degraded *Imperata cylindrica* grassland. *New Forests*, 19: 69-93.
- Palm C.A., Vosti S.A., Sanchez P.A., Ericksen P.J. (eds.), 2005 - *Slash-and-Burn Agriculture : The Search for Alternatives*. Columbia University Press, New York.
- Parrat J.M., 1966 - *Plan d'aménagement régional de la zone d'extension de plantations de pins de la haute Matsiatra*. CTFT, Tananarive, 74p.
- Parrotta J.A., 1992 - The role of plantation forest in rehabilitating degraded tropical ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environments*, 41 : 115-143.
- Parrotta J.A., 1995 - Influence of overstory composition on understory colonization by native species in plantations on a degraded tropical site. *Journal of Vegetation Science*, 6 : 627-636.
- Parrotta J.A., Turnbull J.W. & Jones N., 1997 - Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forestry Ecology and Management*, 99 : 1-7.
- Pearson T. & Brown S., 2005 - *Guide de mesure et de Suivi de Carbone dans les forêts et prairies herbeuses*. Rapport Winrock International (WI). Ecosystème Services Unit. 39p.
- Pedro A., Cora D., Pascal L. & Paul P., 2004 - *L'économie mondiale de la banane 1985-2002*. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. FAO Antananarivo, 65p.
- Pélessier P., 1978 - Stratégies traditionnelles, prise de décision moderne et aménagement des ressources naturelles en Afrique soudanienne. *Note technique du Mab*, 9 : 141-171.
- Pélessier P., 1995 - Transition foncière en Afrique Noire. Du temps des terroirs au temps des finages ". In *Terre, terroir, territoire, les tensions foncières*, Collection Colloques et séminaires, ORSTOM Editions, Paris, pp.19-34.
- Perrier de la Bathie, 1936 - Biogéographie des plantes de Madagascar. In *Atlas de Madagascar*. Société d'éditions Géographiques maritimes et coloniales, Paris, pp.116-128.
- Peters J., 1997 - Local participation in the conservation of the Ranomafana National Park, Madagascar. *Journal of Forest Resources Management*, 8(2) : 109-135.
- Peters J., 1999 - Understanding conflicts between people and parks at Ranomafana, Madagascar. *Agriculture and Human Values*, 16 : 65-74.
- Pfund J.L., 2000 - *Culture sur brûlis et gestion des ressources naturelle : évolution et perspectives de trois terroirs ruraux du versant est de Madagascar*. Thèse de doctorat ès Sciences Naturelles, Département Sciences Forestières, Laboratoire de Gestion des Ecosystèmes, Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich, 323p.
- Picot Manuel M., Jenkins R.K.B., Ramilijaona O., Racey P.A. & Carrière S.M., 2007 - The role of the feeding ecology of *Eidolon dupreanum pteropodidae* in Eastern Madagascar. *African Journal of Ecology*, Doi : 10.1111/j.1365- 2028.2007.00788x
- Pierre J.M., 2006 - Le risque social de l'aménagement forestier en Afrique centrale, dans Forêts tropicales et mondialisation. In *Les mutations des politiques forestières en Afrique francophone et à Madagascar*, A. Bertrand, P. Montagne & A Karsenty (eds.). L'Harmattan, Paris, pp.95-104.
- PNUE, 2002 - *L'avenir de l'environnement mondial*. GEO 3. De Boeck, Paris-Bruxelles, 445p.
- Portais M., 1974 - *Le bassin d'Ambalavao, Influence urbaine et évolution des campagnes, Chapitre I : Les anciens facteurs de l'organisation de l'espace*. ORSTOM, Paris, pp.5-14.

- Projet d'Appui à la Gestion de l'Environnement (PAGE/IRG), 2000 - *Synthèse de l'Analyse Qualitative et l'Analyse Coût-Bénéfice. " Analyse des impacts du système ferroviaire FCE sur l'économie régionale. Volume 1. Projet d'Appui à la Gestion de l'Environnement/IRG.*
- Projet JariAla, 2007 - *Etude sur la consommation et la production en produits forestiers ligneux à Madagascar.* Préparé pour le Ministère de l'Environnement et Eaux et Forêts par David Meyers, Bruno Ramamonjisoa, Juan Sève, Minoniaina Rajafindramanga, Christian Burren.
- Puig H., 2001 - *La forêt tropicale humide.* Belin, Paris, 447p.
- Rabearimanana L., 1988 - Le paysan de l'Est de Madagascar. Du tavy à la riziculture irriguée, une mutation tardive. *Omalysy Anio*, 27 : 75-91.
- Rabetaliana H., Bertrand A., Razafimamonjy N. & Rabemananjara E., 2003 - Dynamique des forêts naturelles de montagne à Madagascar. *Bois et Forêts des Tropiques*, 276 (2) : 59-71.
- Radanielina T., 2004 - *La biodiversité agricole dans la région de Fianarantsoa : importance et gestion de la diversité.* DEA Environnement : Milieux, Techniques, Sociétés. INAPG, Muséum National d'Histoire Naturelle, Université Paris VII Denis Diderot. Programme GEREM Fianarantsoa (CNRE- IRD), 61p. + annexes.
- Rahaingo Rafanomezatiana T. & Ratsimbazafy A.H., 2004 - *Recherche bibliographique sur la dynamique démographique. Cas de la région du corridor forestier de Fianarantsoa.* Stage pratique niveau Maîtrise filière spécialisée en environnement et aménagement du territoire. Université d'Antananarivo, Département de Géographie. Programme GEREM-Fianarantsoa, CNRE/IRD, 36p.
- Raison J.P., 1984 - *Les hautes terres de Madagascar et leurs confins occidentaux.* Karthala, 2 tomes, Paris, 651p. et 605p.
- Rakoto H., Blanc-Pamard, C. 2003-Madagascar : les enjeux environnementaux, in *L'Afrique, vulnérabilités et défis*, éd. du Temps, Nantes, pp.354-376
- Rakotoarimanana V. & Grouzis M., 2006 - Influence du feu et du pâturage sur la richesse et la diversité floristique d'une savane à *Heteropogon contortus* du sud-ouest de Madagascar (Région de Sakaraha). *Candollea*, 61(1) : 167-188.
- Rakotoarimanana V., Gondard H., Ranaivoarivelo N. & Carrière S.M., sous presse - Influence du pâturage sur la diversité floristique et la production d'une savane des Hautes Terres malgaches (région de Fianarantsoa). *Sécheresse*.
- Rakotoarisoa J., 1984 - Evolution de la stratégie du Centre-Est de Madagascar à l'égard du café, Madagascar. *Revue de Géographie*, 44 : 9-28.
- Rakotoiaina S.N., 1994 - *Contribution à l'étude des impacts des troupeaux bovins sur l'écosystème forestier du Parc National de Ranomafana.* Mémoire d'Ingénieur, Département Eau et Forêt, ESSA, Université d'Antananarivo, 63p.
- Rakotonirina A., 2006 - *Diagnostic du risque érosif en pays Tanala : Cas des villages d'Ambalavero et d'Ambodivanana (Commune rurale de Tolongoina - Fianarantsoa).* Mémoire de fin d'études d'ingénieur, Option Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, ESSA, Département des Eaux et Forêts. Programme GEREM Fianarantsoa (CNRE/IRD), 93p. + annexes.
- Rakoto-Ramiantsoa H., 1995 - Les boisements d'eucalyptus dans l'Est de l'Imerina (Madagascar). De l'appropriation foncière à la gestion paysanne. In *Terre, terroir, territoire, les tensions foncières*, C. Blanc-Pamard & L. Cambrezy (eds.). ORSTOM, Paris, pp.84-103.
- Rakotoson D., 2006 - *Gestion paysanne des contraintes du milieu : cas de l'érosion en zone péri-forestière (Pays Tanala)*, Mémoire de DEA, Université d'Antananarivo, Département de Géographie, Programme GEREM Fianarantsoa (CNRE/IRD), 85p. + annexes.
- Rakotovololona S., 1987 - La pratique du tavy, l'autosuffisance alimentaire et la déforestation (Firaisana de Ranomafana). In *Le Tanala, la Forêt et le Tavy.* Musée d'art et d'archéologie, Université de Madagascar, Antananarivo, pp.41- 59.
- Ralaiko A., 1986 - Le poids de l'impôt dans le Sud-Betsileo (1895-1918). *Omalysy Anio*, 23-24 : 297-317.
- Ramanandraibe H.L. & Ratovo A.M, 2004 - *Cartographie de l'évolution des limites forestières et des bas-fonds aménagés au cours du 20^{ème} siècle. Cas de la région du corridor forestier de Fianarantsoa.* Stage pratique de Maîtrise filière spécialisée en environnement et aménagement du territoire. Université d'Antananarivo, Département de Géographie. Programme GEREM-Fianarantsoa, CNRE/IRD, 29p.
- Ramanantsoa E., 2002 - *Conduite de l'élevage et organisation de l'espace dans la commune d'Analamisampy (Sud-Ouest de Madagascar).* DEA de Géographie, Université d'Antananarivo. Programme GEREM (CNRE/IRD), 113p.
- Ramanantsoavina G., 1963 - Histoire de la politique forestière à Madagascar. *Bulletin de Madagascar*, 13^{ème} A., 209 : 831-852.

- Ranaivoarivelo N. & Milleville P., 2001 - Exploitation pastorale des savanes de la région de Sakaraha (sud-ouest de Madagascar). In *Sociétés paysannes, transitions agraires et dynamiques écologiques dans le sud-ouest de Madagascar*, Razanaka S., Grouzis M., Milleville P., Moizo B. & Aubry C. (eds.). Actes de l'Atelier CNRE/IRD, Antananarivo, pp.181-197.
- Ranaivoarivelo N., 2002 - *Conduite de l'élevage bovin et exploitation des ressources fourragères dans un espace agro-pastoral du sud-ouest de Madagascar*. Thèse de Doctorat de Géographie, UFR de Géographie, Université Louis Pasteur de Strasbourg, 215p.
- Ranarivelo H.S. & Kotozafy A., 2001 - Chapitre 4. Etude de la structure et la composition floristique de la végétation dans les forêts de basse altitude (<1000 m) du couloir forestier entre le Parc National (PN) de Ranomafana et le PN d'Andringitra. *Recherches pour le Développement*, 17 : 47-91.
- Randriamalala R.J., 2005 - *Etude écologique de la diversité inter-parcellaire des jachères forestières (kapaoka) de la localité d'Ambendrana - Fianarantsoa*. DEA en Ecologie végétale. Département de Biologie et Ecologie Végétales, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo. Programme GEREM Fianarantsoa, CNRE/IRD, 94p. + annexes.
- Randriamalala R.J., Serpantié G. & Carrière S.M., 2007 - Influence des pratiques culturales et du milieu sur la diversité des jachères d'origine forestière (Haute-Terre, Madagascar). *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 62 : 65-84.
- Randriambanona H. & Carrière S., 2005 - *Etude du rôle de reboisement comme sites potentiels pour la régénération des essences pionnières malgaches (le cas d'Androy, lisière du Corridor Ranomafana-Andringitra)*. In Acte du Forum de la recherche, Ministère de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur, Toamasina, Madagascar. 12p.
- Randrianasolo H.E., 2006 - *Etude d'une espèce envahissante dans le corridor forestier Ranomafana-Andringitra-Ivohibe en vue de proposition de lutte contre son invasion : cas de Psidium cattleianum (Sabine)*. Mémoire de fin d'étude. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département des Eaux et Forêts. Programme GEREM Fianarantsoa (CNRE/IRD) : Université d'Antananarivo. 90p.
- Rasolofoharinoro, Bellan M. & Blasco F., 1997 - La reconstitution végétale après agriculture itinérante à Andasibe-Périnet (Madagascar). *Ecologie*, 28(2) : 149-165.
- Rasolonandrasana B. & Goodman S.M., 2000 - Importance du couloir forestier situé entre le parc national d'Andringitra et la réserve spéciale du Pic d'Ivohibe pour la conservation des vertébrés terrestres ". In *Diversité et endémisme à Madagascar*, W.R. Lourenço & S.M. Goodman (eds). Mémoires de la société de Biogéographie, Paris, pp.139-154.
- Ratolojanahary M., 2006 - *Statut écologique des espèces forestières les plus utilisées dans la région d'Ambendrana, corridor Ranomafana-Andringitra*. DEA d'écologie végétale appliquée. Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, Département d'écologie et de biologie végétale: Programme GEREM Fianarantsoa (CNRE/IRD), 90p. + annexes.
- Ratolojanahary M., Randimbison A. & Carrière S.M., 2007 - Evaluation du statut écologique des espèces les plus utilisées (*Dalbergia baroni* Baker, *Ravenea robustior* Jum. & H. Perrier, *Nuxia capitata* Baker, *Weinmannia bojeriana* Tulasne, *Syzygium emirnense* Baker) dans la région d'Ambendrana (corridor forestier Ranomafana-Andringitra, Fianarantsoa, Madagascar). Soumis à " *Recueil de documents pour suivi écologique du programme environnemental. Tohiravina 2* ". Université d'Antananarivo, Conservation International, Antananarivo.
- Ratovoson C., 1979 - Les problèmes du tavy sur la côte Est malgache in Madagascar. *Revue de Géographie*, 35 : 141- 165.
- Ratsimisetra L., 2006 - *Etude de la diversité des formations forestières et de leur histoire au sein du corridor Ranomafana-Andringitra*. DEA d'écologie végétale appliquée Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, Département d'écologie et de biologie végétale. Programme GEREM Fianarantsoa (CNRE/IRD), 115p.
- Raunet M., 1993 - Structure et fonctionnement d'un bas-fond rizicultivé sur les hautes terres de Madagascar. In *Bas-fonds et riziculture*, M. Raunet (ed.). Actes du séminaire d'Antananarivo, 9-14 décembre 1991, CIRAD, pp.31-47.
- Ravohitrarivo C.P., 1993 - Problématique de la riziculture de bas-fond sur les hauts plateaux de Madagascar. In *Bas-fonds et riziculture*, M. Raunet (ed.). Actes du séminaire d'Antananarivo, 9-14 décembre 1991, CIRAD, pp.25-69.
- Ravoninirina A., 1993 - *Stratégies paysannes et organisation de l'espace dans la région du Lalangaina en pays Betsileo*. DEA en Géographie, Université Paul Valéry Montpellier III, 104p.

- Razafimamonjy D., 1987 - *Contribution à l'étude de la dynamique du savoka dans la région de Ranomafana-Ifanadiana*. DEA Sciences Biologiques Appliquées, option Ecologie Végétale. Université d'Antananarivo, 57p.
- Razafimbelo T.M., 2005 - *Stockage et protection du carbone dans le sol ferrallitique sous système en semis direct avec couverture végétale des Hautes Terres malgaches*. Thèse de l'École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier - Ecole Doctorale Biologique des systèmes intégrés -agronomie - environnement. 150p.
- Razafindramanana N.C., 2006 - *Afforestation et stockage de carbone en lisière ouest du corridor forestier de Fianarantsoa (Madagascar)*. DEA en Foresterie, Développement, Environnement, option Eaux et Forêt. Université d'Antananarivo, ESSA, Département des Eaux et Forêts. Programme GEREM Fianarantsoa (CNRE/IRD), 98p.
- Razanadravao M.J., 1997 - *Etude phytoécologique des savoka dans la réserve de biosphère de Mananara-Nord*. Mémoire de DEA, Université d'Antananarivo.
- Razanaka S., Grouzis M., Milleville P., Moizo B. & Aubry C. (eds.), 2001 - *Sociétés paysannes, transitions agraires et dynamiques écologiques*. Actes de l'atelier CNRE-IRD, Antananarivo, 8-10 novembre 1999, 400p.
- Reijntjes C., Haverkort B. & Waters Bayer A., 1995 - *Une agriculture pour demain, Introduction à une agriculture durable avec peu d'intrants externes*. Editions CTA-KARTHALA, Paris, 473p.
- Repobikan'i Madagasikara, 2003 - *Demande d'énergie & potentiel hydroélectrique à Madagascar*. Ministère de l'Énergie et des Mines.
- Repobikan'i Madagasikara, 2006 - *Arrêté Interministeriel no. 16.071-2006/MINENVEF/MEM Portant Protection Temporaire de l'Aire Protégée en Création Dénommée " Corridor Forestier Fandriana - Vondrozo "*. Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts. Ministère de l'Énergie et des Mines
- République du Madagascar, 2006 - *Madagascar Action Plan*. République du Madagascar.
- Réseau Transfert de Gestion des Ressources Naturelles, 2005 - *Rapport Auto-évaluation du Réseau Transfert de Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables*.
- Resolve (Cabinet), 2005 - *Évaluation et perspectives des transferts de gestion des ressources naturelles dans le cadre du Programme Environnemental 3*. Rapport final de synthèse, Antananarivo, 55p.
- Riquier J., 1951 - Les sols de la concession " les Mimosas ". *Mémoires de l'institut scientifique de Madagascar, série D*, t III, Fasc 1 : 137-146
- Robin M., 2002 - *Télé-détection. Des satellites aux SIG*. Nathan Université, Paris, 318p.
- Rodary E., Castellanet C. & G. Rossi, 2003. Conservation de la nature et développement. L'intégration impossible? GREK Khartala, Paris.
- Rondeux J., 1999 - *La mesure des arbres et des peuplements forestiers*. Les presses agronomiques de Gembloux, A.S.B.L., 511p.
- Ross D.J., Tate K.R, Scott N.A. & Feltham C.W., 1998 - Land-use change: effects on soil carbon, nitrogen and phosphorus pools and fluxes in three adjacent ecosystems. *Soil Biology and Biochemistry*, 31 : 803-813.
- Rossi G. & Donque G., 1978 - Importance, causes et conséquences de la crise morphoclimatique actuelle à Madagascar. *Bull Acad Malg.*, 56(1-2) : 99-104.
- Rossi G., 1999 - Forêts tropicales entre mythes et réalités ". *Nature, Sciences, Sociétés*, 7(3) : 22-37.
- Rossi G., 2000 - Les lendemains de l'incertitude. In *Actes du séminaire international Population Rurale et environnement en contexte bioclimatique méditerranéen*, Jerba-Tunisie (25-28 Octobre) IRA-IRD-CNT, tome I, 7p.
- Rothe P.L., 1964 - Régénération naturelle en forêt tropicale : le *Dipterocarpus dyeri* (Vau) sur le versant cambodgien du golfe du Siam. *Bois et Forêt des Tropiques*, 8 : 386-397.
- SCET-Coopération, 1966 - *Imerina, Etude régionale*. Tananarive.
- Schatz G.E., 2000 - *Endemism in the Malagasy tree flora*. In *Diversité et endémisme à Madagascar*, W.R Lourenço & S.M. Goodman (eds.). Mémoires de la Société de Biogéographie, Paris, pp.1-9.
- Scott J.C., 1985 - *Weapons of the Weak : Everyday Forms of Peasant Resistance*. Yale University Press, New Haven.
- Ségalen P., 1951 - Etude des sols du périmètre forestier d'Ampamaherana (Région de Fianarantsoa). *Mémoires de l'institut scientifique de Madagascar, série D*, t 3, fasc.1 : 147-163.
- Sheehy JE, Peng S. Dobermann A., Mitchell P.L., Ferrer A., Jianchang Yang, Yinghin Zou, Xuhua Zhong et Jialang Muang, 2004 - *Fantastic yields in the system of rice intensification : fact or fallacy ?* Fields crops research vol 88, Issce 1, p 1-8.
- Serpantie G. & Rakotondramanana M., 2006 - *Données et calculs agro-climatologiques décennaires synthèse 2004-2005*. Programme GEREM. Collaboration: FOFIFA, SIDEXAM, FCE. Antananarivo. 13p
- Serpantié G., Coadou le Brozec E., Rakotoson D., Rakotonirina A. & Toillier A., 2005 - Diagnostic régional de la gestion du risque érosif, étude autour du corridor forestier de Fianarantsoa (Madagascar). In *Actes des journées*

- scientifiques régionales du réseau "Erosion et GCES" de l'AUF du 25 au 27 Oct. 2005, Antananarivo, pp.179-185.
- Serpantié G., Toillier A., Rakotoasimbahoaka C., Hervé D. & Treuil J.-P., 2005 - *Eléments pour la modélisation de la déforestation dans la région du corridor de Fianarantsoa (Madagascar)*. Colloque " Modélisations à l'interface entre natures et Sociétés ", NSS-IRD-CIRAD, 7-9/12/05, Montpellier (résumé et poster).
- Serpantié G., Toillier A., Rasolofoniaina M., Carrière S. & Razanaka S., 2006 - *Dynamiques environnementales à l'Est de Madagascar. Le " corridor Ranomafana-Andringitra-Ivohibe " . Partie 1. Analyse régionale de l'occupation du sol "*. Rapport CNRE-IRD, Antananarivo, 90p. +CD contenant 3 cartes et 2 images traitées.
- Serpantié G.. 2003 - *Persistence de la culture temporaire dans les savanes cotonnières d'Afrique de l'Ouest. Etude de cas au Burkina Faso*. Thèse de Doctorat INA-PG, 344p. + annexes.
- Service Géographique de l'Etat-Major - *Carte de reconnaissance 1/200000 (Fianarantsoa, 1925, Fort-Carnot 1919, Loholoka, 1911) ; 1/100000 (053,1933 ; P53,1935 et 1937 ; 054, 1940) (Arc. Nation. et Arc. FTM)*
- Shoomaker-Freudenberg K.S., 1998 - *Brousse, bovins, et bien être. Une étude sur la gestion des ressources familiales et communautaires dans le village d'Andalandranovao, Madagascar*. Rapport d'une étude de cas d'une RRA. LDI, 34p.
- Sibree J., 1876 - *Note of a journey to the South East Madagascar*. Fond Grandidier, Antananarivo, 81p.
- Sibree J., 1880 - *The great African island. Chapters on Madagascar*. London, Trubner and co.
- Simberloff D., Relva M.A. & Nunez M., 2003 - *Introduced Species and Management of a Nothofagus/Austrocedrus Forest. Environmental Management, 31 (2) : 263-275.*
- Solondraibe T., 1986 - *La tradition orale et histoire : la région de Ranomafana -Ifanadiana. Omaly sy Anio, 23-24 : 149-167.*
- Sorg J.P., 2004 - *Nature et causes des pressions exercées sur la forêt tropicale. Peut-on y faire face ?* Conférence à l'Académie malgache des lettres, arts et sciences, ETH.
- Stoop W.A., Uphoff N. & Kassam A., 2002 - *A review of agricultural research issues raised by the system of rice intensification (SRI) from Madagascar : opportunities for improving farming systems for resource-poor farmers", Agricultural Systems, 71 : 249-274.*
- Stromgaard P., 1986.- *Early secondary succession on abandoned shifting cultivator's plots in the Miombo of South Central Africa. Biotropica, 18(2) : 97-106 1986.*
- Styger E., 2006 - *Mid-Term Program Evaluation Consultancy Report of Module 3: Profitable and Environmentally Sound Farming Systems Replace Slash-and-Burn Agricultural Practices at the Landscape Scale.*
- Styger E., Rakontondramasy H.M., Pfeffer M.J., Fernandes E.C.M. & Bates D.M., 2006 - *Influence of slash-and-burn farming practices on fallow succession and land degradation in the rainforest region of Madagascar. Agriculture, Ecosystems and Environment, 119(207) : 257-269.*
- Tabutin D. & Thilgès E., 1992 - *Relations entre croissance démographique et environnement : du doctrinal à l'empirique. Revue Tiers-Monde, 33 (130) : 273-294*
- Teyssier A., Tsialiva O. & Garin P., 1993 - *De la forêt au bas-fond rizicole (Ouest-Alaotra, Madagascar) : conséquences pour l'agronome et l'aménagiste. In Bas-fonds et riziculture, M. Raunet (ed.). Actes du séminaire d'Antananarivo, 9-14 décembre 1991, CIRAD, pp.49-69.*
- Thévénaut P., 2006 - *Situation du Mouvement Kolo Harena de la vulgarisation faite par ses membres paysans et du Programme ERI Programme*. Programme ERI/USAID Madagascar.
- Thuriès, Arrufat A., Dubois M., Feller C., Herrmann P., Larre Larrouy M.C., Martin C., Pansu M., Remy J.-M. & Viel M., 2000 - *Influence d'une fertilisation organique et de la solarisation sur la productivité maraîchère et les propriétés d'un sol sableux sous abri. Etude et gestion des sols, 7(1) : 73-88.*
- Toledo M. & Salick J., 2006 - *Secondary succession and indigenous management in semideciduous forest fallows of the Amazon basin, Biotropica 38(2) : 161-170.*
- Toutain B. & Rasambainarivo J., 1997 - *Mission agropastoralisme et production fourragère dans le Sud-Ouest de Madagascar (15/11 au 06/12/96)*. Rapport n 97-008. Département d'Elevage et de Médecine Vétérinaire CIRAD-EMVT, Entreprise d'Etude et de Développement Rural MAMOKATRA, 113p.
- Tripp R., 2006 - *Is Low External Input Technology Contributing to Sustainable Agricultural Development. Natural Resources Perspectives. Overseas Development Institute. N 102.*
- Turner J. & Lambert M., 1999 - *Change in organic carbon in forest plantation soils in eastern Australia. Forest Ecology and Management, 133 : 231-247.*
- Turner M.G., 1987 - *Spatial simulation of landscape changes in Georgia: a comparison of 3 transition models. Landscape ecology, 1(1) : 29-36.*
- Uhl C., Buschbacher R. & Cerrao E.A.S., 1988 - *Abandoned pastures in eastern Amazonia. I. Pattern of plant succession. Journal of Ecology, 76 : 663-681.*

- UICN, 2001 - *Catégories et Critères de l'U/CN pour la Liste Rouge: Version 3.1. Commission de la sauvegarde des espèces de l'U/CN*. Suisse et Cambridge, Royaume-Uni: UICN, Gland, ii + 32p.
- Usher M.B., 1981 - Modelling ecological succession, with particular reference to Markovian models. *Vegetation*, 46 : 11-18.
- Vallois P., 1995 - *Discours de la méthode du riz*. IPNR/CITE, Antananarivo, 150 p.
- Veldkamp A. & Schoorl J.M., 2001 - Linking land use and landscape process modelling: a case study for the Alora region (South Spain). *Agric. Ecosyst. Environ.*, 85 (1-3) : 281-292.
- Verburg P.H., Veldkamp A., Willemen L., Overmars K.P. & Castella J.C., 2004 - *Landscape Level Analysis of the Spatial and Temporal Complexity of Land-Use Change, Ecosystems and Land Use Change*. Geophysical Monograph Series 153.
- Vernooy R., 2003 - *Un Focus : Les semences du monde, L'amélioration participative des plantes*. Editions CRDI, 120p.
- Viano M., 2004 - *Rôle des pratiques paysannes Betsileo sur la dispersion des graines par les oiseaux en lisière du corridor forestier de Fianarantsoa (Madagascar)*. DEA "Aménagement, Développement, Environnement". Faculté des Lettres et Sciences Humaines: Université d'Orléans. 105p. + annexes.
- Voakaty Ny Ala/BEAHRHS, 2006 - *Evaluation et analyse du dynamique de transferts de gestion dans le corridor Ranomafana - Andringitra: Cas d'Ampatsy (GCF mise en place et suivie par LID/PTE/ERI) et Andronomiditra (GELOSE mise en place par SAGE)*.
- Votsi S.A., Gockowski J. & Tomich T.P., 2005 - Land Use Systems at the Margins of Tropical Moist Forest: Addressing Small-Holder Concerns in Cameroon, Indonesia, and Brazil. In *Slash-and-Burn Agriculture : The Search for Alternatives*, C.A. Palm, S.A. Vosti, P.A. Sanchez, P.J. Ericksen (eds.). Columbia University Press, New York.
- Weber J., 1995 - L'occupation humaine des aires protégées à Madagascar : diagnostic et éléments pour une gestion viable. *Natures, Sciences, Société*, 3(2) : 157-164.
- White F., 1986 - *La végétation de l'Afrique*. Editions UNESCO et ORSTOM, Collection Recherches sur les Ressources Naturelles n XX, Paris, 383p. + 4 cartes.
- Whitmore T.C., 1990 - *An introduction to tropical rain forests*. Oxford, Clarendon Press, 226p.
- Whyner D., 1999 - *A Descriptive Analysis of Social Indicators of Interest to LDI Fianarantsoa*. University of Michigan International Development Associate.
- Yirdaw E., 2001 - Diversity of naturally-regenerated native woody species in forest plantation in the Ethiopian highlands. *New forests*, 22 : 159-177.
- Young A., 1990. Agroforestry for soil conservation. ICRAF Science and practice of agroforestry 4, Wallingford UK, CAB international, 276p + annexes
- Yount J.W. & Rengoky Z., 2001 - Les Mikea : Perceptions et pratiques. In *Sociétés paysannes, transitions agraires et dynamiques écologiques dans le sud-ouest de Madagascar*, S. Razanaka, M. Grouzis, P. Milleville, B. Moizo & C. Aubry (eds.). Actes de l'Atelier CNRE-IRD, 8-10 novembre 1999, Antananarivo, pp.139-146.

Remerciements

Transitions agraires, dynamiques écologiques et conservation
Le « corridor » Ranomafana - Andringitra
Séminaire de restitution du programme GEREM
9-10 novembre 2006, Antananarivo.

Nous remercions les organismes suivants pour leurs supports ou leurs contributions
au succès du programme GEREM et du séminaire de restitution :

Direction de la Recherche
Centre National de la Recherche sur l'Environnement
IRD Représentation d'Antananarivo
IRD UR 168
IRD Département Société et Santé
IRD Editions
Université d'Antananarivo
Université de Fianarantsoa
FOFIFA Fianarantsoa
Comité Multilocal de Planification (Fianarantsoa)
Ecoregional Initiative-USAID (Fianarantsoa)
Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales
Université de Poitiers
Madagasikara voakajy
CNES Programme ISIS
CITE
ANGAP
FCE
Météorologie Nationale

Et, plus particulièrement,
les populations betsileo et tanala
des environs du « corridor » Ranomafana - Andringitra.

Contact Auteurs et Editeurs

Albrecht Alain : alain.albrecht@ird.fr
Belvaux Eric : ebelvaux@club-internet.fr
Blanchart Eric : eric.blanchart@ird.fr
Carrière Stéphanie : stephanie.carriere@ird.fr
Freudenberger Mark: Mark_Freudenberger@dai.com
Gondard Hélène : hgondard@yahoo.fr
Hervé Dominique : dominique.hervé@ird.fr
Ifticène Edina : edina_ifticene@yahoo.fr
Picot Manuel Monica : picot_monica@yahoo.fr
Radanielina Tendro: tendro.radanielina@cirad.fr
Rakotoarimanana Vonjison : vonjison@yahoo.fr
Rakotoasimbahoaka Cyprien : rakoto_cyprien@yahoo.fr
Rakotondramanana Modeste : modesterakoto@yahoo.fr
Rakotonirina Albert : al_lova@yahoo.fr
Rakotoson Domoina : rakotosondomoina@yahoo.fr
Ramamonjisoa A.B.O. : bertin@univ-fianar.mg
Ramarorazana Bruno :BP6208 Antananarivo 101
Ramiarantsoa Monique : rahgmo@yahoo.fr
Ramiarimanana Jeannot : jeannot_ramia@hotmail.com
Ranaivoarivelo Nivo Randriamamonjy : nivo@care.mg
Ranaivoson Rado Elysée : radoelyse@yahoo.fr
Randimbison Agnes : kukushimi@yahoo.fr
Randriamalala Josoa : rramarolonana@yahoo.fr
Randriamasimanana Nivo Sahondra : nivo@cite.mg
Randriambanona Herizo : zombanona@yahoo.fr
Randrianasolo Eric : snoro.eric@caramail.com
Rasolofoharinoro : harinoro2000@yahoo.fr
Ratiarson Venot : venot@univ-fianar.mg
Ratolojanahary Maherisoa : maheri_soa@yahoo.fr
Ratsimisetra Lalaina : ratsimisetral@yahoo.fr

Razafindrakoto Marie Antoinette : olala_jolimo@yahoo.fr
Razafindramanana Norosoa Christine : cnorosoa_00389@yahoo.fr
Razanajatovo Salohy : salohy_Razanajatovo@dai.com
Razanaka Samuel : Samuel.razanaka@ird.fr
Roche Philip : Philip.Roche@cemagref.fr
Roger Edmond : rogeredmond1@yahoo.fr
Serpantié Georges : georges.serpantie@ird.fr
Smektala Georges : Smektala@Engref.Fr
Tatoni Thierry : thierry.tatoni@univ.u-3mrs.fr
Toillier Aurélie : aurelie.toillier@ird.fr
Treuil Jean-Pierre : Jean-Pierre.Treuil@bondy.ird.fr
Tsirilaza Jimio : tsirilazajimio@yahoo.fr
Viano Marion : marion.viano@yahoo.fr

Transitions agraires, dynamiques écologiques et conservation

Le « corridor » Ranomafana - Andringitra MADAGASCAR

Concilier des objectifs aussi essentiels que la lutte contre la pauvreté et la conservation de la biodiversité en zone rurale est une des exigences du développement durable. Cependant, les sociétés rurales des pays du Sud sont marginalisées face à une économie mondialisée ainsi que par l'urgence des actions de préservation du patrimoine naturel. Les pratiques locales sont de moins en moins adaptées à ces changements.

À Madagascar, la « Grande Ile » de l'Océan Indien, les défis de la conservation et du développement nécessitent une prise en compte des spécificités locales et régionales. Pourtant, les programmes de recherche qui s'interrogent sur la nature des interactions homme-environnement à ces échelles sont encore rares. Le programme GEREM (Gestion des Espaces Ruraux et Environnement à Madagascar), réalisé conjointement par le CNRE (Madagascar) et l'IRD (France), s'est donné comme objectif de produire des connaissances de cette nature, pour les acteurs impliqués dans ce challenge.

Succédant à GEREM Tuléar qui traitait de la déforestation dans le Sud-Ouest (forêt des Mikea), GEREM Fianarantsoa a analysé le cas du « corridor » forestier Ranomafana Andringitra près de Fianarantsoa, concerné par un programme régional de conservation.

Cet ouvrage rassemble 25 communications (résultats scientifiques, introductions de débats, avis d'acteurs sur l'avenir de ce « corridor ») présentées au séminaire de restitution GEREM, les 9 et 10 novembre 2006 à Antananarivo, qui sanctionne trois années de recherche.

La partie 1 examine les dynamiques environnementales dans la région du couloir de Fianarantsoa. La partie 2 rend compte des pratiques locales, des dynamiques écologiques qui s'ensuivent et de la construction des paysages. La dernière partie évoque la diversité des réponses aux actions de conservation et de développement, puis aborde des pistes d'action et de recherche pour mieux concilier développement et conservation dans la gestion des activités et des territoires.

Ce document intéressera les chercheurs des disciplines consacrées à l'environnement et au monde rural, mais aussi les enseignants, étudiants, développeurs et gestionnaires de la biodiversité, les bailleurs de fonds et plus largement le grand public soucieux de ces questions qui concernent non seulement Madagascar mais aussi un grand nombre de pays du Sud.

Éditeurs scientifiques :

Dr Georges Serpantié

Agronome, chargé de recherche à l'IRD UR101. Il a codirigé le programme GEREM Fianarantsoa, après d'autres recherches en Afrique de l'Ouest sur la dynamique des interactions agricoles paysannes/environnement naturel et socio-économiques.

Dr Rasolofoharino

Géographe et écologue, directeur de recherche associé au CNRE, spécialiste dans la gestion des espaces ruraux. Elle a assuré la co-direction du programme GEREM Fianarantsoa.

Dr Stéphanie Carrière

Écologue, chargée de recherche à l'IRD UR160. Au Cameroun et à Madagascar, elle s'est spécialisée dans l'étude des dynamiques écologiques forestières en relation avec les pratiques paysannes.



ISBN 978-2-915064-20-9 (CITE)

ISBN 978-2-7099-1639-4 (IRD)



IRD

Institut de recherche
pour le développement